

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a
informatiky
Katedra elektroenergetiky

Návrh vytápění rekonstruovaného rodinného domu

Heating Design of Family House after Reconstruction

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Tomáš Kadeřábek

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

Návrh vytápění rekonstruovaného rodinného domu
Heating Design of Family House after Reconstruction

Zásady pro vypracování:

1. Možné způsoby vytápění
2. Výpočet tepelných ztrát
3. Regulace vytápění
4. Ekonomické zhodnocení zvoleného řešení

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Hradílek, Z., Lázníčková, I., Král, V. Elektrotepelná technika. Praha: ČVUT Praha 2011. ISBN 978-80-01-043938-9
- [2] Dufka, J. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha: Grada Publishing, 2007, ISBN 978-80-247-2019-7
- [3] Počinková, M., Treuová, L. Stavíme, zařízení budov - Tepelná pohoda za minimální náklady. Brno: Computer Press 2011, ISBN 978-80-251-3329-3
- [4] Počinková, M., Treuová, L. Stavíme, zařízení budov - Vytápění. 3. aktualizované vydání. Brno: ERA 2005, ISBN 80-7366-016-4

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vladimír Král, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



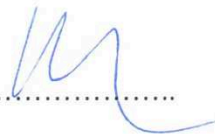
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Bílině dne 5. 5. 2014

Podpis



Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval panu doc. Ing. Vladimírovi Královi, Ph.D. za odborný dohled, cenné připomínky, ochotu a čas, který mi věnoval při tvorbě této diplomové práce.

Abstrakt

V této práci jsou objektivně porovnány různé způsoby vytápění a proveden jejich ekonomický rozbor pro navržení optimální varianty při rekonstrukci rodinného domu. Jsou zde popsány postupy výpočtu tepelných ztrát dle ČSN EN 12831 a ročních nákladů na vytápění pomocí různých tepelných zdrojů. Práce dále řeší běžné způsoby regulace teploty v rodinném domě a návrh optimální tloušťky zateplení s ohledem na cenu izolace. Je zde zhodnocena úspora vzniklá zateplením a proveden návrh tepelných zdrojů pro konkrétní typy domů.

Klíčová slova

Tepelné ztráty, vytápění, tepelná izolace, kotel, tepelné čerpadlo, regulace vytápění, rekonstrukce rodinného domu

Abstract

In this dissertation there are objectively compared different methods of heating and their economical analysis for a proposition of an optimal variant by a reconstruction of a family house. There are described processes of a calculation of heat losses according to ČSN EN 12831 and annual costs of heating using different heat sources. The dissertation also solves common methods for a regulation of a temperature in a family house and a proposition of an optimal thickness of a thermal insulation with regard to the cost of isolation. There is evaluated a saving caused by a thermal insulation and there is made a proposition of heat sources for concrete types of buildings.

Keywords

Heat losses, heating, thermal insulation, boiler, heat pump, regulation of heating, reconstruction of a family house

Seznam použitých symbolů a zkratek

HDO		Hromadné dálkové ovládání
IRC		Individual Room Control
RD		Rodinný dům
SDK		Sádrokarton
OV		Otopná voda
TUV		Teplá užitková voda
TČ		Tepelné čerpadlo
A_k	$[m^2]$	Plocha stavební části (k)
b_u		Teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty
c_p	$[kJ/kg \cdot K]$	Měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$
e_k, e_l		Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům
f_{g1}		Korekční činitel ročních změn teploty
f_{g2}		Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
f_{ij}		Redukční teplotní činitel korigující teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty
f_{RH}		Zátopový činitel
G_w		Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$H_{T,ie}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy
$H_{T,iue}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)
$H_{T,ig}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu
$H_{V,i}$	$[W/K]$	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru (i)

l_l	[m]	Délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím
Q_C	[W]	Tepelná ztráta objektu
$Q_{VYT,r}$	[J/rok]	Roční potřeba tepla na vytápění
t_{is}	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
t_{es}	[°C]	Průměrná teplota v otopném období
$U_{equiv,k}$	[W/m ² .K]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí
U_k	[W/m ² .K]	Součinitel prostupu tepla stavební části (k)
ΔU_k	[W/m ² .K]	Přirážka na tepelné mosty
ΔU_{tb}	[W/m ² .K]	Přirážka na tepelné mosty dle normy
ε		Opravný součinitel dle typu budovy a regulace.
ε_i		Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem
ε_t		Součinitel snížení teploty v budově během útlumu vytápění.
ε_d		Součinitel zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
η_o	[%]	Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy
η_r	[%]	Účinnost rozvodu vytápění
Φ_i	[W]	Celková návrhová ztráta budovy
$\Phi_{HL,i}$	[W]	Návrhový tepelný výkon budovy
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Zátopový tepelný výkon při přerušovaném vytápění
$\Phi_{T,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla pro vytápěný prostor (i)
$\Phi_{V,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta větráním pro vytápěný prostor (i)
Ψ_l	[W/m.K]	Součinitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l)
θ_e	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	Výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i)
$\theta_{m,e}$	[°C]	Průměrná roční venkovní teplota
\dot{V}_i	[m ³ /s]	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i)

Obsah

Úvod	1
1. Možné způsoby vytápění	2
1.1. Klasické zdroje tepla	2
1.1.1. Kotle na tuhá paliva	2
1.1.2. Plynové kotle	11
1.1.3. Vytápění elektřinou	14
1.1.4. Vytápění topnými oleji	15
1.2. Tepelná čerpadla	17
1.2.1. Tepelná čerpadla vzduch/voda	18
1.2.2. Tepelná čerpadla země/voda – hloubkové vrtý	19
1.2.3. Tepelná čerpadla země/voda – zemní kolektor	22
1.2.4. Tepelná čerpadla země/voda – vodní plocha	23
1.2.5. Tepelná čerpadla voda/voda – podzemní voda (studny)	25
1.2.6. Tepelná čerpadla vzduch/vzduch	27
1.3. Solární vytápění	28
2. Výpočet tepelných ztrát	30
2.1. Popis rekonstruovaného RD	30
2.2. Výpočet tepelných ztrát a potřebného tepelného výkonu	33
2.2.1. Tepelné ztráty prostupem	35
2.2.2. Tepelná ztráta větráním	38
2.2.3. Celková návrhová tepelná ztráta budovy	39
2.2.4. Návrhový tepelný výkon zdroje vytápění	40
2.2.5. Výpočet roční potřeby tepla na vytápění	40
3. Regulace vytápění	42
3.1. Regulace teplovodního vytápění	42
3.2. Regulace elektrického přímotopného vytápění	45
4. Ekonomické zhodnocení zvoleného řešení	47
4.1. Porovnání nákladů na vytápění dle typu zdroje a paliva	47
4.2. Vliv tloušťky zateplení na celkovou ztrátu domu	49
Závěr	51
Seznam použité literatury	52
Seznam obrázků	53
Seznam tabulek	54
Přílohy	54

Úvod

V dnešní době neustále rostoucích cen energií si každý kdo chce rekonstruovat, či stavět dům položí otázku „Čím topit?“, ale najít na ni odpověď není tak jednoduché. Většina výrobců není objektivní a propagují pouze kladné, či účelově nepřesné vlastnosti výrobků. O těch záporných se uživatel může dozvědět až po koupi a zahájení provozu.

Cílem této práce je objektivně porovnat vlastnosti tepelných zdrojů a regulace pro běžný rodinný dům a také navrhnout optimální tloušťku izolace střechy i fasády vzhledem k její ceně, kvalitě a omezení prostoru. U rekonstruovaného domu je cílem porovnat náklady na vytápění před zateplením a po něm. Pro případ výměny tepelného zdroje za druh s nižšími provozními náklady je hodnocena návratnost investice. Aby bylo možné takto ekonomicky zhodnotit náklady a návratnost investice, je zapotřebí s rozumnou přesností spočítat celkové tepelné ztráty budovy a následně z nich roční náklady na vytápění. Porovnání těchto výpočtových metod je také součástí této práce.

Vzhledem k velkému znečištění ovzduší v některých částech naší země jsme mediálně tlačeni do pořízení „ekologických zdrojů“, ale to jsou prakticky všechny nové zdroje. Za znečištění ovzduší mohou zejména staré typy špatně hořících kotlů a jejich někteří majitelé, kteří tzv. „spálí, co hoří“.

1. Možné způsoby vytápění

V našich klimatických podmínkách potřebujeme v každém domě nějaké vytápění. Čím je dům lépe izolovaný, tím menší výkon může toto vytápěcí zařízení mít. Je sice možné navrhnout a postavit tzv. pasivní dům, kde veškerou potřebu tepla na vytápění dodává Slunce a obyvatelé domu, ale zatím je to obvykle ekonomicky nevýhodné.

1.1. Klasické zdroje tepla

Klasickými zdroji tepla jsou nejpoužívanější typy v rodinných domech, jde zpravidla o zdroje s nižšími pořizovacími náklady oproti alternativním zdrojům tepla.

Ekologické dotace na klasické kotle

V roce 2014 lze využít dotaci na pořízení ekologického zdroje vytápění v Moravskoslezském, Ústeckém a Středočeském kraji. Dotaci je možné získat ve výši:

60 000 Kč - Automatický kotel na tuhá paliva (uhlí nebo pelety) 4. třída dle ČSN EN 303-5;

55 000 Kč - Zplyňovací kotel na kusové dřevo s akumulací, 4. třída dle ČSN EN 303-5;

40 000 Kč - Automatický kotel na tuhá paliva (uhlí nebo pelety) 3. třída dle ČSN EN 303-5;

20 000 Kč - Plynový kotel kondenzační;

15 000 Kč - Plynový kotel atmosférický.

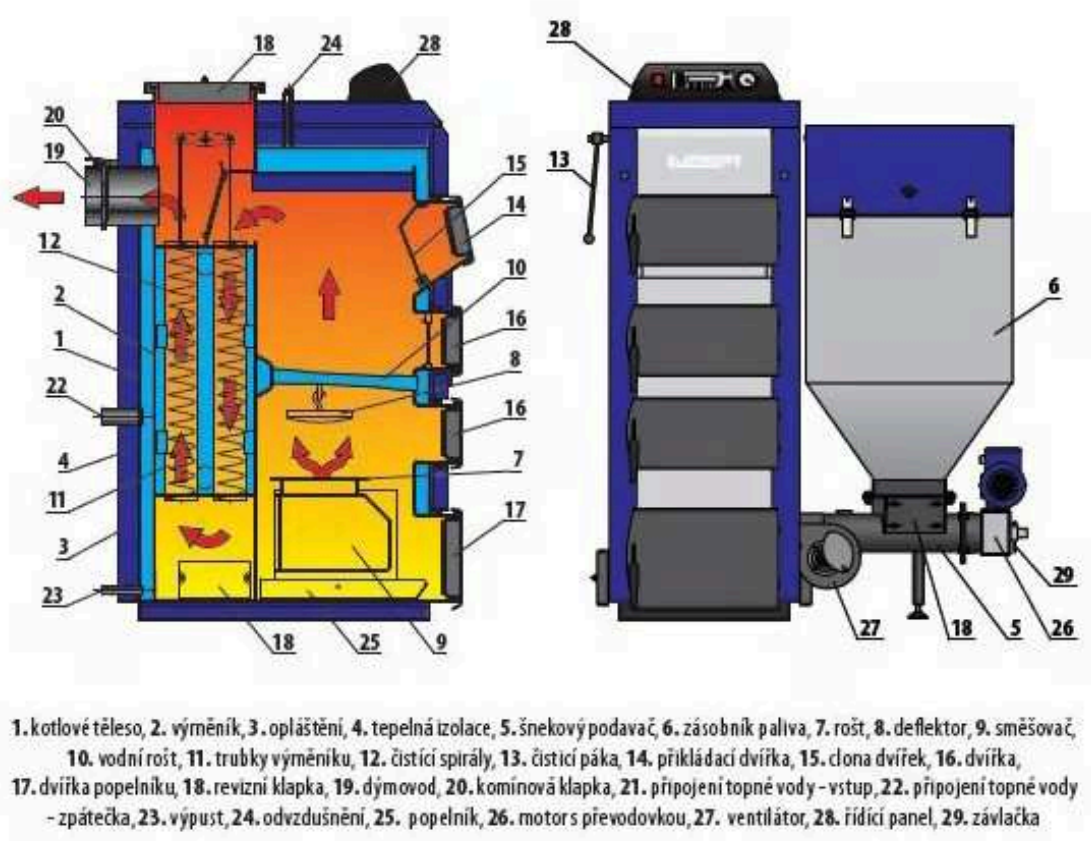
1.1.1. Kotle na tuhá paliva

Vybrané změny v souvislosti s novelou zákona o ochraně ovzduší:

- **Únor 2013** - Nabývá účinnosti norma ČSN EN 303-5 pro kotle pro ústřední vytápění – část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční a samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 500 kW.
- **Leden 2014** - Byl ukončen prodej kotlů na tuhá paliva splňující podmínky pouze 1. a 2. emisní třídy podle ČSN EN 303-5.
- **Leden 2017** - Nastává platnost povinnosti předložit na základě požadavku obecního úřadu revizi domácího kotle na tuhá paliva.
- **Leden 2018** – Bude ukončen prodej kotlů na tuhá paliva 3. emisní třídy podle ČSN EN 303-5.
- **Září 2022** - Domácnosti budou mít povinnost prokázat, že jejich kotel splňuje podmínky minimálně 3. emisní třídy podle ČSN EN 303-5. V opačném případě hrozí vysoké pokuty v částce až 50 000 Kč. Prakticky už proto nebude možné kotle nižších emisních tříd provozovat.

1.1.1.1. Uhlí

Hnědé uhlí je v současné době nejlevnější palivo (v některých lokalitách může být levnější dřevo). Výrazného zlepšení ekologických parametrů spalování a také komfortu obsluhy a regulace přináší v posledních letech automatické kotle na uhlí. Starší typy kotlů jsou z hlediska účinnosti, komfortu vytápění a zejména lokálního znečištění vzduchu nevhodný zdroj tepla a vzhledem k tomu, že od ledna 2014 byl dle ČSN EN 303-5 ukončen prodej kotlů na tuhá paliva splňující podmínky pouze 1. a 2. emisní třídy, nemá smysl se jimi dále zabývat.



Obr. 1 – Řez automatickým kotlem na uhlí

Princip výroby tepla

Uhlí je pomocí šnekového, či bubnového podavače přesouváno ze zásobníku do spalovací komory, kde odhořívá na hořáku a vzniklý popel odpadáva na jeho okrajích. V hořáku jsou otvory, kterými proudí vzduch hnaný ventilátorem, regulujícím společně s množstvím paliva výkon kotle. Nejběžnější je retortový hořák, který se u některých typů navíc otáčí kolem své osy, čímž je dosaženo dokonalejšího rozložení paliva.

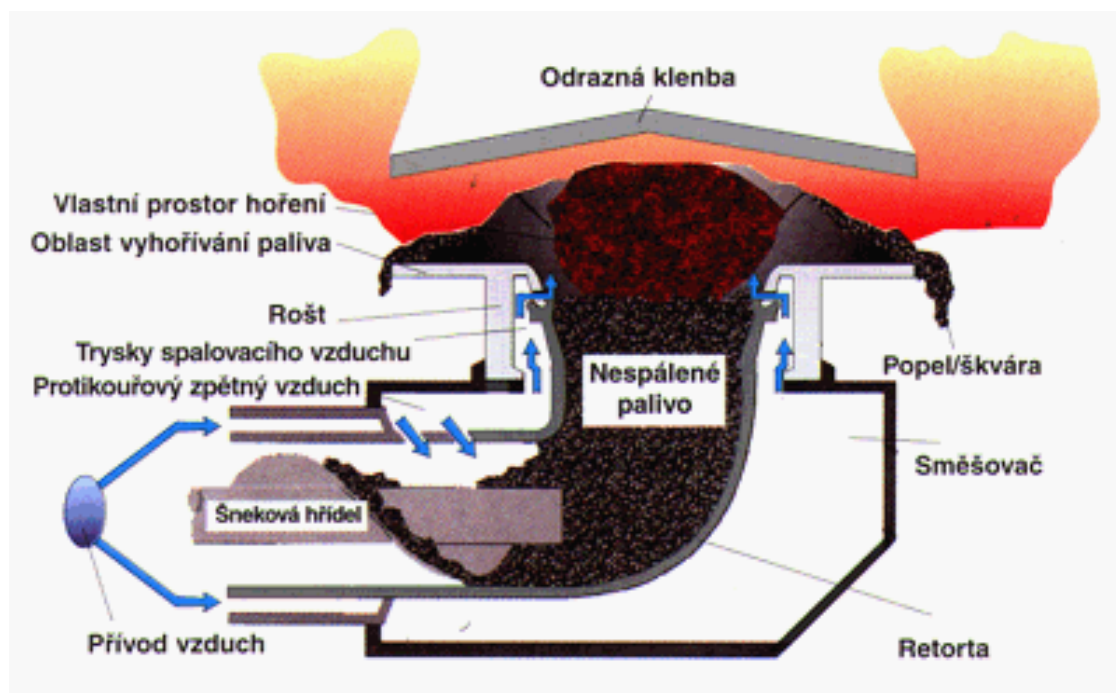
Tyto kotle mají značný rozsah regulace výkonu, např. 5-20 kW. Umožňují samostatný ohřev TUV i v létě, avšak tento ohřev dle zkušeností uživatelů nebude výhodnější než ohřev elektřinou v nízkém tarifu, navíc bývá z komína cítit zápach ze špatně hořícího uhlí. Výhodu spatřují pouze v tom, že mohou být v provozu koupelnové radiátory na sušení ručníků.



Obr. 2 – Hořák s otočnou retortou



Obr. 3 – Univerzální hořák



Obr. 4 – Řez retortovým hořákem

Výhody automatických kotlů na uhlí:

- Nejnižší provozní náklady.
- Účinnost spalování až 92 %.
- Regulace teploty srovnatelná s plynovými kotli.
- Ekologické spalování - kotel dle ČSN EN 303-5 třídy 3-4.
- Široký rozsah regulace výkonu.
- Relativně malá časová náročnost obsluhy.
- Obvykle lze topit i peletami, či kusovým dřevem (v ručním režimu).
- Domácí zdroj paliva bez závislosti na jiných státech.

Nevýhody automatických kotlů na uhlí:

- Nutný sklad paliva.
- Rozměry kotle.
- Nutnost časté kontroly a čištění.
- Prašnost v prostoru kotelny.
- Pořizovací cena.
- Ruční zapalování kotle.
- Při delších útlumech vytápění je nutné používat kvalitní uhlí.
- Nastavení optimálních parametrů automatiky je závislé na kvalitě uhlí.

1.1.1.2. Koks

Koks je derivát černého uhlí, z něhož byly v koksárenské peci za teploty okolo 1000 °C odstraněny prchavé složky a nežádoucí příměsi. Díky tomu nevznikají při topení koksem téměř žádné nebezpečné zplodiny a z komína odchází prakticky jen čistý CO₂. [6]

Koks neobsahuje těkavou hořlavinu a lze jej tak účinně spalovat jednoduchým prohořivacím způsobem. Proto kotle na koks mívají jednoduchou konstrukci a výkon kotle na koks lze snadno regulovat.

Většinou jsou kotle na koks shodná jako kotle na uhlí, pouze se přesune klapka určující způsob hoření (odhořivací pro uhlí, prohořivací pro koks), ale je potřeba volit typ kotle s dostatečně silnou konstrukcí - při spalování koksu vzniká vysoká teplota a tenkostěnná plechová kamna na uhlí by po čase dospěla k tepelnému poškození.



Obr. 5 – Řez kotlem na koks

Výhody kotlů na koks:

- Ekologické spalování - kotel dle ČSN EN 303-5 třídy 3.
- Domácí zdroj paliva bez závislosti na jiných státech.
- Pořizovací cena.

Nevýhody kotlů na koks:

- Vyšší cena paliva.
- Nesnadné podpalování.
- Časté přikládání.
- Nutnost časté kontroly a čištění.

1.1.1.3. Pelety

Při instalaci kotle na pelety je nutné myslet na prostor pro umístění paliva – dřevěných, směsných, nebo rostlinných pelet (agropelet). Vlastní přikládání pelet lze řešit např. šnekovým nebo pneumatickým dopravníkem z blízkého skladu pelet, v případě pneumatické dopravy se zde jedná o vzduchotlaké (sací) potrubí. [7]

Moderní peletové kotle jsou plně automatizovaná zařízení s dobrými spalovacími vlastnostmi s nízkými emisemi díky přesnému elektronicky řízenému systému dávkování paliva a spalného vzduchu. Tepelný výkon je řízen plynule regulovaným přívodem paliva a vzduchu. Účinnost kotle dosahuje až 94 %.



Automatický kotel na pelety se zásobníkem

Legenda

1. Dvířka popelníku
2. Deska pro čištění roštu
3. Primární vzduch
4. Samočištěcí rošt
5. Sekundární vzduch
6. Deska vytvářející turbulenci spalín
7. Padací šachta odolná proti zpětnému zahoření
8. Zklidňovací zóna
9. Táhla čištění výměníku
10. Servomotor pro čištění roštu
11. Automatické podpalování
12. Keramická izolace
13. Izolace
14. Virbulátory/ vířidla
15. Trubkový výměník tepla
16. Odtahový ventilátor
17. Sonda lambda
18. Kouřové čidlo
19. Ovládání s komfortním uživatelským programem
20. Senzor pro ukazatel naplnění
21. Motor
22. Převodovka
23. Sací turbína
24. Zásobník
25. Šnekový dopravník pelet
26. Kontrolní senzor
27. Dávkovač

Obr. 6 – Řez automatickým kotlem na pelety

Důležitou součástí peletového kotle je hořák, základní typy hořáku jsou podsuvný, nebo hrncový hořák. Zapalování kotle se děje buď automaticky horkým vzduchem, nebo ručně. Přísun paliva do hořáku je automatický a zpravidla elektronicky řízený. Pelety jsou dávkovány na odhořívací rošt, nebo šnekovým podavačem do odhořívacího hrnce.

Pro veškeré peletové kotle jsou bez rozdílu vhodným palivem dřevěné pelety. U některých kotlů je možno použít i jiné pelety, např. rostlinné, kůrové, slámové, apod. Pelety mohou být dodány volně ložené na nákladním autu, ve velkoobjemových textilních vacích, v plastových pytlích o hmotnosti 10 – 25 kg, nebo dodávané cisternovým nákladním autem s možností pneumatické dopravy do skladu pelet.

Paliva není nedostatek, je možno si jej kdykoliv a v jakémkoliv množství objednat od distributorů na internetu, nebo ve specializovaném obchodě. Ceny pelet se významně liší během roku - v létě bývají zpravidla nejnižší a je dobré nakoupit zásobu na celou zimu, jelikož v zimě ceny pelet narůstají až o 40 %.

Pelety lze skladovat uvnitř vytápěné budovy v odděleném skladovacím prostoru nebo ve stojanu v textilním zásobníku. Uskladnění mimo budovu vyžaduje vybudování speciálního skladu, který lze umístit pod zem. Lze také využít vyřazené nádrže na zemní plyn nebo topný olej. Plnění skladů se doporučuje pneumaticky cisternovým autem, které palivo přivezlo. Sklad by měl být dimenzován pro veškeré množství paliva potřebné na celou topnou sezónu (pro rodinný dům okolo 10 m³). Objemová hmotnost sypaných pelet je cca 600 kg/m³ a hnědé uhlí má cca 720 kg/m³, z čehož plyne, že při podobné výhřevnosti kolem 18 MJ/kg bude potřeba na pelety mít o 20 % větší skladovací prostory.

Výhody automatických kotlů na pelety:

- Nižší provozní náklady oproti plynu.
- Obnovitelný zdroj energie.
- Ekologické spalování - kotel dle ČSN EN 303-5 třídy 3-5.
- Možnost automatického zapalování kotle.
- Vysoká účinnost spalování 90-95 %.
- Regulace teploty srovnatelná s plynovými kotli.
- Široký rozsah regulace výkonu.
- Relativně malá časová náročnost obsluhy.
- Domácí zdroj paliva bez závislosti na jiných státech.
- Možnost ohřevu TUV i v létě (s automatickým zapalováním).

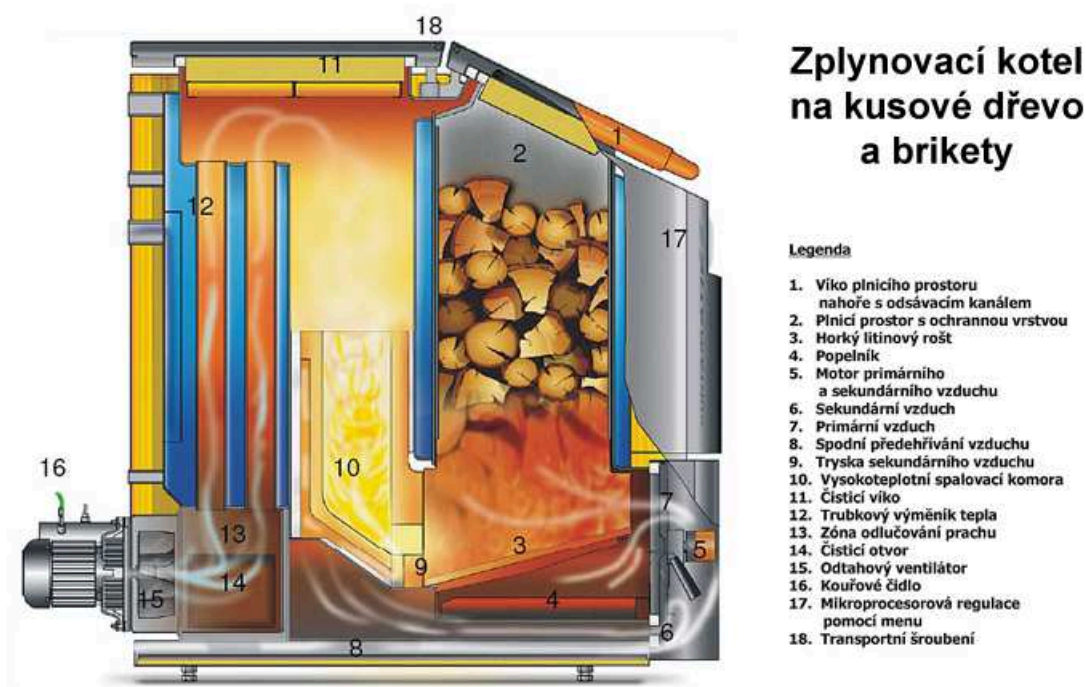
Nevýhody automatických kotlů na pelety:

- Nutný sklad paliva.
- Rozměry kotle.
- Nutnost časté kontroly a čištění (dle kvality kotle).
- Pořizovací cena.

1.1.1.4. Dřevo

Zplynovací kotle

Vytápění dřevem patří s hnědým uhlím k nejlevnějším palivům, avšak zásadní nevýhodu má v nutnosti častého přikládání (několikrát denně) a je zapotřebí mít velké skladovací prostory, nejlépe na tři sezóny, aby dřevo řádně vyschlo. Zplynovací kotel na kusové dřevo je vhodný pro ústřední vytápění rodinných domů, nebo menších budov a pro přípravu teplé užitkové vody. Palivem mohou být polena nebo dřevěné brikety. Oproti automatickým kotlům na pelety, nebo štěpku se zde jedná o kotle s nízkou pořizovací cenou, ovšem kompenzovanou nutností pravidelné obsluhy. Zplynovací kotel je také možné provozovat jako záložní nebo doplňkový zdroj ke stávajícímu otopnému systému.



Obr. 7 – Řez zplynovacím kotlem na dřevo

V kotlích se systémem zplynování dřevního paliva se tvoří v zásobníku polen při nedokonalém hoření s omezeným přístupem (primárního) vzduchu spalný plyn, ke kterému se následně při průchodu tryskou přidává regulované množství sekundárního vzduchu. Směs prochází do dohořovací komory, kde dokonale prohoří. Nejrozšířenější a nejúčinnější koncepce zplynovacích kotlů je tvořena spodním odhoříváním paliva.

V kotlích na dřevo jsou poměrně velké rozdíly v ceně, v kvalitě provedení a výbavě kotle. Určitě by se mělo jednat o kotel zplynovací, dále by kotel měl dosahovat účinnosti přes 90 % a

splňovat emisní třídu 3. Velmi důležitý je objem palivové komory, která by měla umožňovat naložit tolik paliva, aby kotel vyhasl nejdříve po 12 hodinách (plný výkon cca 6 hodin). Protože v palivové komoře dochází k vytváření agresivního kondenzátu, je vhodné, když je komora z nerezového materiálu.

Výhody zplynovacích kotlů na dřevo:

- Obnovitelný zdroj energie.
- Ekologické spalování - kotel dle ČSN EN 303-5 třídy 3-5.
- Účinnost spalování až 91 %.
- Domácí zdroj paliva bez závislosti na jiných státech.
- Pořizovací cena.

Nevýhody zplynovacích kotlů na dřevo:

- Časté přikládání.
- Nutný sklad paliva na více topných sezón.
- Nutnost časté kontroly a čištění.

Krbová kamna a vložky

Účinnost krbových kamen a vložek na dřevo je kolem 80 %. Je-li s tímto zdrojem tepla počítáno již při stavbě domu, je vhodné zvážit možnost rozvodu teplého vzduchu do více místností, nebo prostřednictvím tepelného výměníku zapojení ohřevu celého topného systému. Alternativou jsou krbová kamna na dřevní pelety, která po naplnění zásobníku nevyžadují delší dobu doplňování paliva.

Výhody krbových kamen a vložek:

- Obnovitelný zdroj energie.
- Domácí zdroj paliva bez závislosti na jiných státech.
- Pořizovací cena.

Nevýhody krbových kamen a vložek:

- Časté přikládání.
- Nutný sklad paliva na více topných sezón.
- Nutnost časté kontroly a čištění.

1.1.2. Plynové kotle

Vytápění plynem patří po elektřině sice k těm nejdražším, ale v případě již vybudované plynové přípojky má nízké pořizovací náklady.

Plynové kotle lze rozdělit dle způsobu použití a parametrů do několika skupin:

Dle způsobu ohřevu TUV:

- *Plynové kotle pro vytápění* - nejsou vybaveny průtokovým ohříváčem teplé užitkové vody, ani zásobníkem TUV, slouží pouze k vytápění. Některé typy jsou vybaveny i druhým okruhem, který může být napojen na externí zásobník TUV přes teplovodní výměník. Dodávka tepla do tohoto okruhu je řízena třícestným ventilem.
- *Plynové kotle kombinované s průtokovým ohříváčem vody* - obsahuje dva teplovodní okruhy, jeden na ohřev OV a druhý na ohřev TUV, která není kumulována v zásobníku, ale vytéká z kotle přímo do místa použití. Ohřev TUV bývá řešen pomocí výměníku voda/voda a přepínání okruhů provádí třícestný ventil.
- *Plynové kotle se zabudovaným zásobníkem teplé vody* - obsahuje dva teplovodní okruhy, jeden na ohřev OV a druhý na ohřev TUV, která je kumulována v zásobníku, který je součástí konstrukce plynového kotle. Ohřev TUV bývá řešen pomocí výměníku voda/voda umístěném v zásobníku a přepínání okruhů provádí třícestný ventil.

Dle způsobu odvodu spalin:

- *Plynové kotle s odtahem spalin do komína* - plynový kotel je napojen na komín, který musí být součástí domu.
- *Plynové kotle s odtahem spalin přes zed'* - tzv. turbokotle - spaliny jsou hnány ven ventilátorem.

Dle principu výměny tepla:

- *Plynové kotle klasické* – s atmosférickým hořákem.
- *Plynové kotle kondenzační* – s kondenzačním výměníkem - využívají kromě tepla spalin navíc skupenského tepla přeměny vodní páry na kapalinu.

Dle principu výměny tepla:

- *Plynové kotle stacionární* – stojící na podlaze – většinou kombinace s větším zásobníkem, nebo jako náhrada staršího kotle v samotížném systému, často s litinovým výměníkem bez vestavného čerpadla.

- *Plynové kotle nástěnné – zavěšené na stěně* - většina moderních, kompaktních kotlů i s menším zásobníkem TUV.

Princip kondenzačního kotle

U běžného kotle klasické konstrukce odchází zbytkové teplo (latentní teplo), obsažené ve spalínách, bez dalšího užitku do ovzduší. Kondenzační kotel toto zbytkové teplo dokáže za určitých podmínek zužít. Paradoxně udávaná hodnota účinnosti 108 % vychází z definice spalného tepla, které v sobě zahrnuje právě zmiňované zbytkové teplo. Je to kondenzační teplo vodní páry. U běžných kotlů je udávaná hodnota účinnosti na základě výpočtu výhřevnosti, která naopak zbytkové teplo v sobě nezahrnuje. [8]

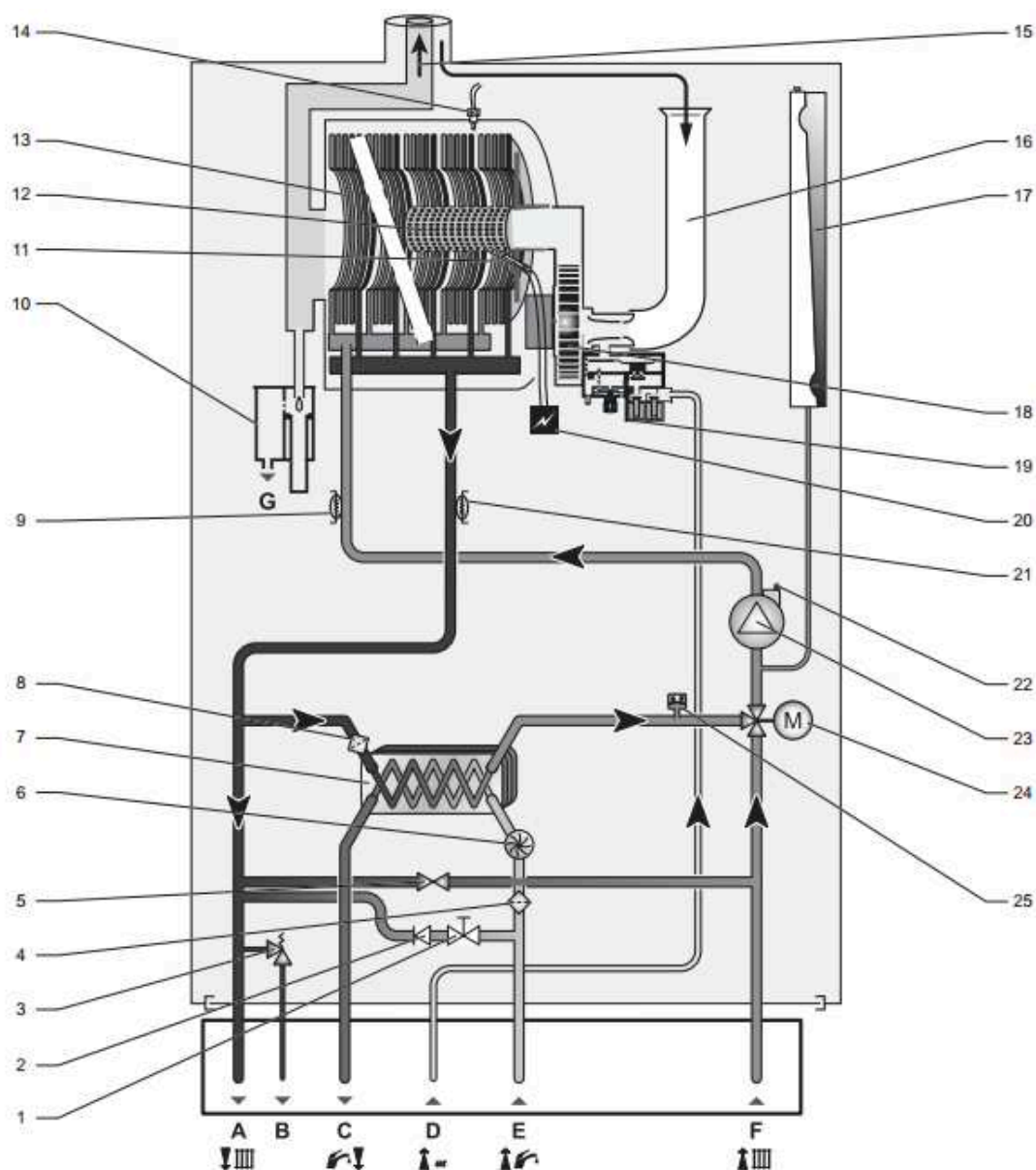
Hlavní princip vysoké účinnosti kondenzačních kotlů spočívá v konstrukci výměníku spaliny voda (viz výměník OV). Výměník se skládá ze dvou komor, z nichž v jedné probíhá proces spalovací a v druhé proces kondenzační. Při spalování plynu tok spalín přechází z hlavní spalovací části do komory kondenzační. Kondenzační komoru tvoří teplosměnná plocha, na které dochází ke kondenzaci vodní páry, obsažené ve spalínách. Je však třeba říci, že ke kondenzaci dochází hlavně tehdy, je-li teplota topné vody pod hodnotou rosného bodu (50 – 55 °C). Zkondenzovaná vodní pára předává své kondenzační teplo zpět přes výměník do otopné soustavy. Z toho tedy vyplývá, že při dimenzování otopné soustavy by velikost otopných těles měla být spočítána na nízký teplotní spád, např. 55/45 °C.

Výhody plynových kotlů:

- Minimální potřeba údržby.
- Kompaktní provedení.
- Výborná regulace, ekvitermní regulace je někdy součástí kotle.
- Ekologické spalování.
- Účinnost spalování cca 90 % u klasických a cca 98-108 % u kondenzačních kotlů.
- Pořizovací cena klasických plynových kotlů (kondenzační jsou cca o 100 % dražší).

Nevýhody plynových kotlů:

- Cena paliva.
- Cena zřízení odběrného místa.
- Dostupnost.



Legenda

- 1 Dopouštěcí ventil
- 2 Zpětná klapka
- 3 Pojišťovací ventil
- 4 Filtr studené vody
- 5 By-pass
- 6 Snímač průtoku
- 7 Deskový výměník
- 8 Filtr OV
- 9 Snímač vstupní teploty otopné vody
- 10 Sífon
- 11 Elektroda zapalování a ionizace

- 12 Hořák
- 13 Primární výměník
- 14 Tepelná pojistka
- 15 Odvod spalín
- 16 Tlumič
- 17 Expanzní nádoba topení
- 18 Ventilátor
- 19 Plynový ventil
- 20 Zapalovací trafo
- 21 Snímač výstupní teploty otopné vody
- 22 Odvzdušňovací ventil čerpadla
- 23 Čerpadlo

- 24 3C ventil
- 25 Snímač tlaku
- A Výstup otopné vody
- B Vývod pojišťovacího ventilu
- C Výstup teplé vody
- D Přívod plynu
- E Přívod studené vody
- F Vstup otopné vody
- G Odvod kondenzátu

Obr. 8 – Schéma kondenzačního kotle

1.1.3. Vytápění elektřinou

Vytápění elektřinou lze rozdělit do dvou základních skupin – na přímotopné, a to lokální nebo centrální, a akumulární.

U přímotopného lokálního vytápění se zdroj tepla nachází přímo ve vytápěném prostoru. Nejrozšířenějšími zdroji jsou elektrické konvektory, podlahové topné kabely, nebo dnes už méně používané „olejové radiátory“. Pro rychlé ohřátí prostoru se pak využívají teplovzdušné ventilátory s příkonem až 2400 W. Výhodou těchto zdrojů je snadná teplotní regulace a poměrně nízká pořizovací cena. Nevýhodou je nízký komfort vytápění v důsledku vyšších výstupních teplot a u konvektorů předávání tepla prouděním. Tento typ se nedoporučuje na vytápění vyšších místností, neboť nejtepleji máme u stropu.

Infrazářiče jsou vhodné pouze pro krátkodobé přitápění, zejména v menších prostorách. Mají vliv i na teplotu povrchu těla, a proto se s nimi nejčastěji setkáváme v koupelnách či sprchách.

Přímotopné vytápění

Vytápěcí zařízení je zapojeno po dobu minimálně 20 hodin za den a pomocí HDO je vypínáno na max. 2 hodiny denně. V tomto případě lze vytápět elektrickými konvektory, sálavými panely, podlahovým vytápěním či elektrokotlem, není třeba teplo akumulovat (pokud je dům dobře izolován, stačí přirozená akumulace do stěn a podlah). Investice do vytápěcího zařízení je relativně malá, ale provoz patří k nejdražším. Výhodné je, že ostatní spotřebiče v domácnosti (osvětlení, pračka atd.) odebírají po dobu 20 hodin denně levnější elektřinu.

Akumulační vytápění

Vytápěcí zařízení je zapnuto minimálně po 8 hodin denně, zpravidla ve dvou časových intervalech. Takto se využívá té nejlevnější elektřiny (cena 1 kWh stojí přibližně 1,80 Kč). Získané teplo se ovšem musí vhodným způsobem akumulovat, aby zajistilo vytápění po zbývajících 16 hodin (buď se používají akumulární nádrže s vodou, nebo akumulární kamna s keramickou tepelně - akumulární hmotou). Investiční náklady jsou vyšší než u přímotopného vytápění.

Modernější verzi akumulárního vytápění představují dynamická akumulární kamna. Jejich vnější plášť je tepelně izolovaný a mají vestavěný ventilátor. Po nabití se z kamen uvolňuje teplo jednak sáláním a jednak – je-li třeba rychlé zvýšení teploty vytápěného prostoru – též prouděním teplého vzduchu z vnitřku jádra za pomoci ventilátoru. Výhodou dynamických kamen je regulované vybíjení pomocí vestavěného ventilátoru, ovládání vybíjení prostorovým termostatem, popř. elektronická regulace nabíjení.

Výhody elektrického přímotopného vytápění:

- Bezúdržbové vytápění.
- Účinnost prakticky 100 %.
- Jednoduchá a levná instalace.
- Výborná možnost regulace.
- Dostupnost energie.
- Nepotřebuje komín.
- Levnější elektřina domácnosti.

Nevýhody elektrického přímotopného vytápění:

- Cena energie.
- Vyšší měsíční platba za velikost jističe i mimo topnou sezónu.

Výhody elektrického akumulčního vytápění:

- Dostupnost energie.
- Nepotřebuje komín.
- Levnější elektřina domácnosti.

Nevýhody elektrického akumulčního vytápění:

- Cena energie
- Vyšší měsíční platba za velikost jističe i mimo topnou sezónu.
- U akumulčních kamen horší regulace tepla.

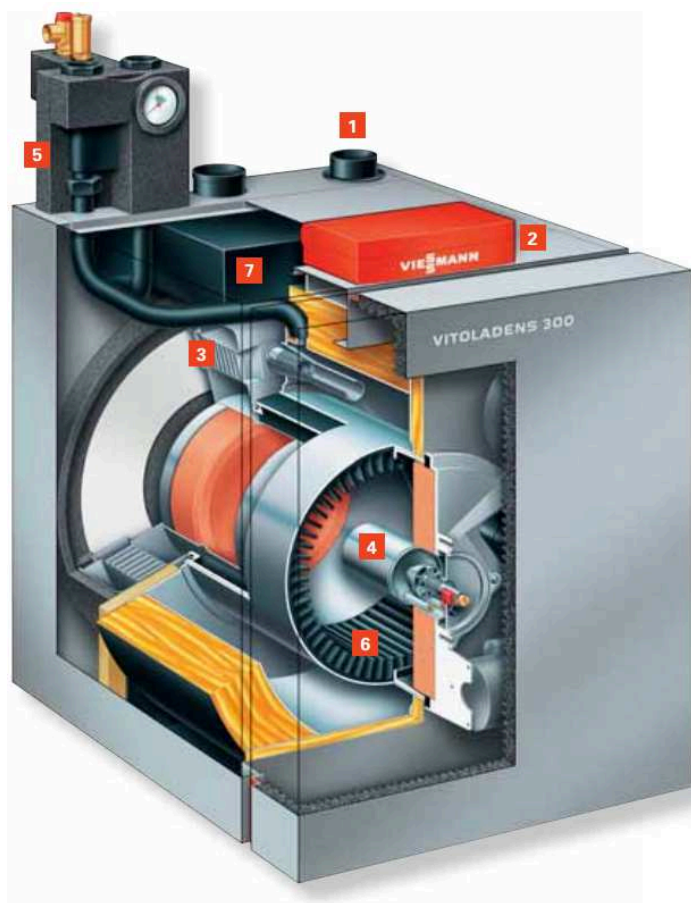
1.1.4. Vytápění topnými oleji

Topné oleje podle jejich vlastností je možné dělit do několika skupin. Jsou jimi:

- **Lehké topné oleje** - Získávají se destilací ropy. Vyznačuje se nižší viskozitou a obsahuje také barvivo a značkovací látky, které je odlišují od motorové nafty.
- **Extralehké topné oleje** - Jedná se o středněvroucí směs kapalných uhlovodíků. Získává se destilací z ropy. Bod varu je v rozmezí 150 až 370°C. Má nižší viskozitu než lehké oleje a rovněž obsahují barvivo a značkovací látky. Vyrábí se mísením

vhodných středních ropných frakcí. Extralehké topné oleje se hodí pro použití v prostředí s vysokými nároky na ekologii. Využívá se i na topení v domácnostech. V rodinných domech je možné jejich spalování v lokálních topidlech, ale i v kotlích určených pro ústřední vytápění. [9]

- **Těžké topné oleje** - Tvoří je směs vyšších uhlovodíků. I těžký topný olej se získává destilací z ropy. Často v sobě má přísady na snížení bodu tuhnutí. Je hustý a používá se hlavně na průmyslové vytápění.
- **Topné oleje na bázi odpadních olejů** - Jde o topné oleje získané regenerací odpadních olejů. Musí být v souladu s vyhláškou, která stanovuje, jaké oleje je možné použít k přepracování na topné oleje, ze kterých lze vyrobit teplo. Nesmí obsahovat více než 10 mg/kg polychlorovaných aromatických uhlovodíků.



Vitoladens 300-C

- 1 Vedení spalin a přívod vzduchu nahoru
- 2 Regulace Vitotronic
- 3 Integrovaný výměník tepla Inox-Radial z nerezové ušlechtilé oceli
- 4 Dvoustupňový kompaktní hořák s modrým plamenem
- 5 Pojistná skupina je součástí dodávky
- 6 Biferální spojená topná plocha
- 7 Integrovaný tlumič hluku

Topný olej je při nákupu zatížen spotřební daní ve stejné výši jako motorová nafta do automobilů. V okamžiku, kdy je spálen, lze požádat celní úřad o navrácení této daně. Někteří

specializovaní dodavatelé paliva nabízejí produkty, jejichž součástí je i zajištění zákonem předepsané administrativy spotřební daně. Nabízejí tedy palivo již za konečnou nižší cenu, ze které je daň odečtena. Výhodou topného oleje je, že je levnější než propan. V porovnání se zemním plynem je však dražší. Topné oleje jsou díky distribučním skladům mající hustou síť dostupnou v celé České republice snadno dostupné.

Výhody olejových kotlů:

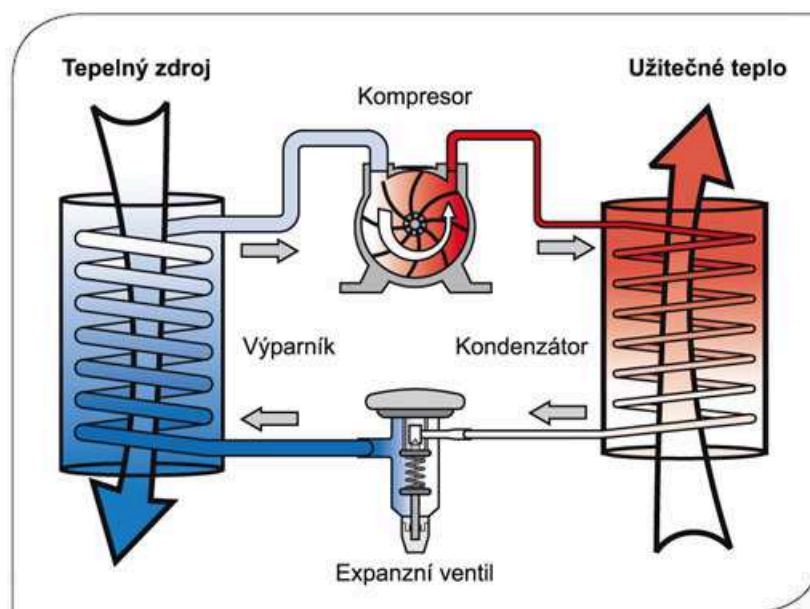
- Minimální potřeba údržby.
- Ekologické spalování.
- Účinnost spalování cca 98 %.

Nevýhody olejových kotlů:

- Cena paliva.
- Nutný sklad paliva.
- Minimální výkon začíná na cca 15 kW.

1.2. Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je stroj, který čerpá teplo z jednoho místa na jiné vynaložením vnější práce. Obvykle je to z chladnějšího místa na teplejší. Nejčastějším typem je kompresorové tepelné čerpadlo, jehož princip je na obr. 10. Pracuje na principu obráceného Carnotova cyklu (pozn.: Přímý Carnotův cyklus se užívá u tepelných motorů.).

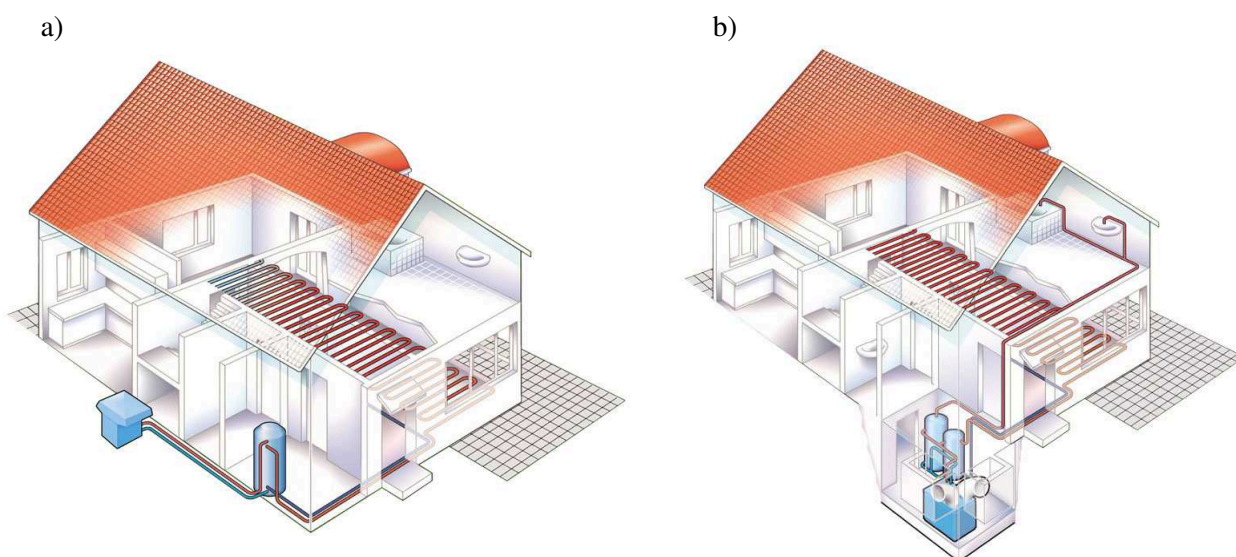


Obr. 10 – Princip tepelného čerpadla

Chladivo v plynném stavu je stlačeno kompresorem a poté vpuštěno do kondenzátoru. Zde odevzdá své skupenské teplo. Zkondenzované chladivo projde expanzní tryskou do výparníku, kde skupenské teplo (při nižším tlaku a teplotě) přijme a odpaří se. Poté opět pokračuje do kompresoru a cyklus se opakuje. Jednou z charakteristik práce tepelného čerpadla je topný faktor označovaný COP (Coefficient of performance). Tepelná čerpadla jsou šetrná k životnímu prostředí, a proto se řadí mezi alternativní zdroje energie

Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda je ekonomicky výhodné dimenzovat na pokrytí až 100 % tepelné ztráty objektu, u ostatních TČ je výhodnější dimenzovat pokrytí na cca 70 % ztrát, a v případě zvýšené potřeby energie v kratších obdobích velmi nízkých teplot spínat náhradní zdroj, obvykle elektrokotel (bivalentní uspořádání, některá tepelná čerpadla mají elektrokotel zabudovaný).

1.2.1. Tepelná čerpadla vzduch/voda



Obr. 11 – TČ vzduch/voda: a) venkovní provedení, b) vnitřní provedení

Teplo obsažené ve vzduchu je přímo využitelné pro tepelné čerpadlo bez nutnosti dalšího výměníku, vzduch může přímo proudit výparníkem tepelného čerpadla. Vzduch je také ze všech zdrojů nízkopotenciálního tepla nejsnáze dostupný a jeho objem prakticky neomezený. Využití vzduchu má také nejmenší vliv na okolní prostředí, protože teplo odebrané ze vzduchu se do něj opět vrací v podobě tepelných ztrát budovy a na jeho využití není potřeba žádné povolení. Topný faktor tepelného čerpadla typu vzduch/voda je závislý na teplotě venkovního vzduchu, čím více teplota vzduchu klesá, tím nižší topný faktor vykazuje tepelné čerpadlo. Současná tepelná čerpadla však i přes zhoršené výkonnostní parametry dokáží pracovat i při teplotách

kolem -20°C , čerpadlo má i při teplotě -5°C topný faktor přibližně 3. Nižší výkon při nižších teplotách je na druhou stranu kompenzován nárůstem výkonu při vyšších venkovních teplotách.

TČ vzduch/voda dělíme na split systémy, u kterých je venkovní jednotka propojena s vnitřní jednotkou přímo pomocí potrubí s chladivem a na monoblokové systémy, kdy je chladivo pouze ve venkovní jednotce a propojení je provedeno potrubím s topnou vodou. Venkovní jednotka split systému s ventilátorem je propojena s vnitřní částí izolovaným potrubím, ve kterém proudí chladivo. Venkovní jednotka je relativně malá a lze ji postavit na zem, nebo na střechu, případně umístit na venkovní stěnu podle provedení daného výrobcem. Vzdálenost venkovní a vnitřní části je limitovaná - většinou na zhruba 10 m. Vnitřní jednotka tepelného čerpadla je připojena na otopnou soustavu stejně jako jiný zdroj tepla. [10]

Tepelná čerpadla vzduch/voda jsou obvykle umístěna vně objektu, ale některé typy je možné instalovat i uvnitř objektu a přívod vzduchu zajistit otvory ve zdech.

Výhody TČ vzduch/voda:

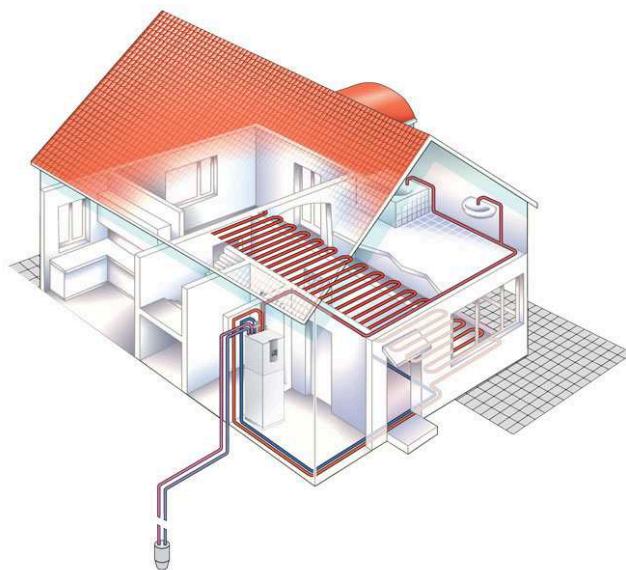
- Relativně snadná instalace.
- Oproti ostatním TČ nižší investiční náklady.
- Možný celoroční provoz s efektivním využitím pro přípravu TUV i ohřev bazénu.
- Nižší topný faktor v zimních měsících je kompenzován velmi vysokým topným faktorem v přechodném období.
- Nenarušuje teplotní rovnováhu okolí.

Nevýhody TČ vzduch/voda:

- Závislost topného výkonu na teplotě venkovního vzduchu.
- Hluk ventilátorů může obtěžovat okolí.

1.2.2. Tepelná čerpadla země/voda – hloubkové vrty

Teplo obsažené v zemské kůře se využívá nepřímo, získává se pomocí výměníku tepla (kolektoru) a přenáší se cirkulačním okruhem do výparníku tepelného čerpadla pomocí teplonosné nemrznoucí kapaliny. Nemrznoucí směs odpovídá všem požadavkům na ochranu životního prostředí. Oběh teplonosné kapaliny zajišťuje oběhové čerpadlo, teplonosná kapalina se ve výparníku ochlazuje a v hlubinném vrtu se znovu ohřívá. Výměník je obvykle zhotoven z plastových trubek nebo hadic, které jsou umístěné ve vrtu, nebo několika vrtech hlubokých 40 až 150 metrů vzdálených od sebe alespoň 10 metrů. Do každého vrtu jsou nainstalovány vždy dvě polyetylenové smyčky ve tvaru U, pomocí kterých je cirkulací nemrznoucí směsi odebíráno teplo z okolního masivu. [10]



Obr. 12 – TČ země/voda – hloubkové vrtů

Odběr tepla ze země pomocí vrtů je výkonnostně výhodnější, než řešení pomocí plošného kolektoru v hloubkách do 2 metrů, protože vrt je během roku teplotně stabilnější. Ve vrtu nedochází k tak výrazným výkyvům teplot vlivem změn počasí v jednotlivých ročních obdobích. Vrtů jsou však administrativně i technicky náročnější na realizaci a tím i výrazně dražší – za 1 metr vrtu včetně kolektoru zaplatíte přibližně 1.000,- Kč. Hloubka vrtu závisí na požadovaném výkonu tepelného čerpadla a na místních geologických podmínkách.

Vrtů lze v letních měsících výhodně využít pro klimatizování budov, musí však k tomu být přizpůsobena otopná/chladicí soustava (vzduchotechnika) i tepelné čerpadlo. Díky opačnému chodu tepelného čerpadla tak, že se v letních měsících teplo vrací do vrtu, se vrtů regenerují, proběhne jejich odmražení a teplo se v nich naakumuluje pro další využití v topné sezóně během zimních měsíců. Do vrtů lze také přes tepelný výměník „ukládat“ letní energetické přebytky ze slunečních kolektorů.

Vliv počasí na teplotu vrtů

Svrchních 10 až 15 metrů vrtu při povrchu je ovlivňováno změnou venkovních teplot. Úhrnná hloubka vrtů by tedy měla být vypočtena bez těchto svrchních 10 metrů. Z tohoto hlediska je tedy lépe projektovat menší počet hlubších vrtů. Na druhé straně jsme limitováni hydraulickým odporem v sondách a příkony instalovaných oběhových čerpadel.

Vzdálenosti vrtů

Vrtů pro odběr tepla ze země provádíme ve vzdálenosti alespoň 10m (resp. 10% jejich délky) od sebe, aby nedocházelo ke vzájemnému vychlazování. Není možné zaručit provedení vrtu v

ideální kolmici k povrchu, mírná šikmost vrtů může způsobit, že se sondy dvou sousedních vrtů k sobě v hloubce přiblíží - i z tohoto důvodu je nutné dodržet minimální rozestupy. Pro vzdálenost vrtů není stanovena žádná maximální hodnota, kolem vrtu by však mělo být dodrženo 5m ochranné pásmo (od okolních vedení, od základů budov, od hranice pozemku).

Geotermický stupeň

Potřebná délka sond závisí kromě požadovaného výkonu TČ a tepelné vodivosti hornin také na teplotním poli Země. Geotermický stupeň udává hloubku v metrech, při které teplota pod povrchem vzroste o 1°C. Geotermický stupeň leží v intervalu 15-50 m/°C, obvyklá hodnota činí 30-33 m/°C.

Provádění vrtů

Vrty pro umístění vertikálních sond se vrtají bezjádrově s minimálními průměry 120-140 mm. Drť je vynášena stlačeným vzduchem na povrch, pro odstranění prachového znečištění se drť smáčí vodou. Za 24 hodin se dá v příznivých geologických podmínkách odvrtat 100 i více metrů.

Vystrojení vrtu

Po samotném vyvrtání je do vrtu zasunuta smyčka plastového kolektoru, resp. dvě smyčky ve tvaru písmene „U“ zatížené závažím. Poté je provedena injektáž vrtu bentonitem tak, aby byl zabezpečen lepší tepelný přenos mezi sondou a masivem a také k zacelení dutin, protože vrtáním byly propojeny jednotlivé zvodnělé vrstvy. Pomocí injektáže je zamezeno vyvěrání spodních vod.

Výhody TČ země/voda - vrt:

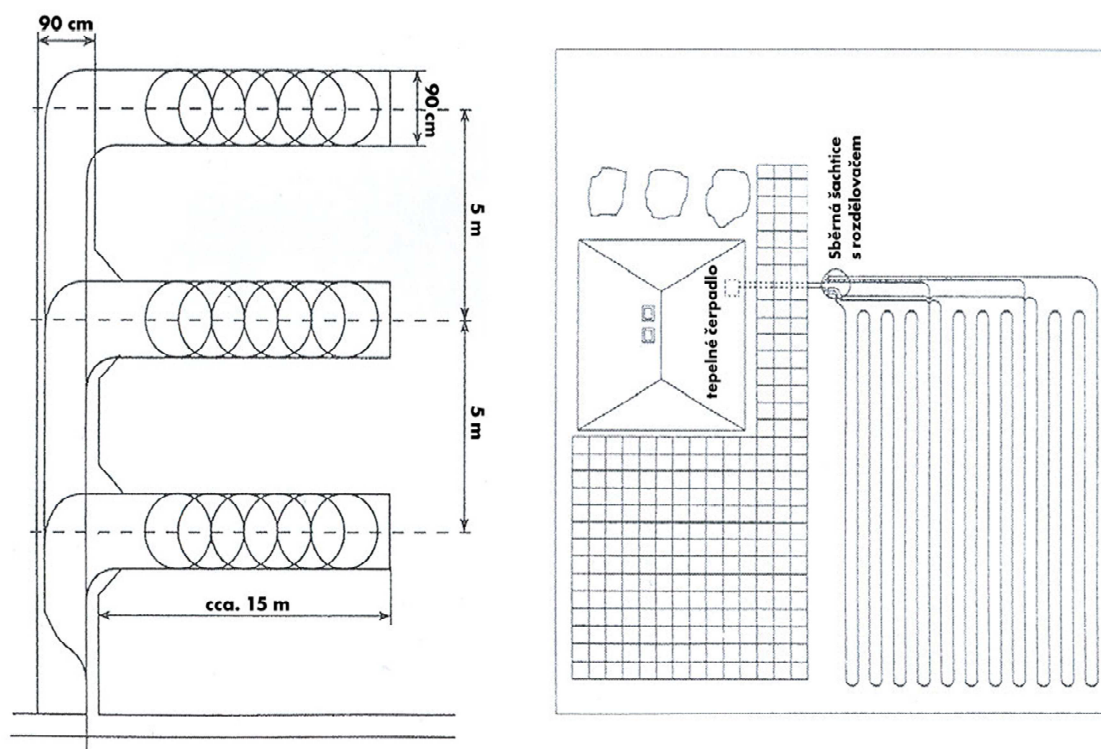
- Tepelné čerpadlo s vrty má stabilní výkon a vysoký topný faktor i při extrémně nízkých venkovních teplotách.
- Spotřeba elektřiny je přibližně o 30 % nižší, než u TČ vzduch/voda.
- Vrt je možné využít pro levné chlazení domu v letním období.

Nevýhody TČ země/voda - vrt:

- Vyšší investiční náklady na pořízení vrtu.
- Nutnost vyřízení stavebního povolení, projektu a souhlasu Báňského úřadu.
- Neustálým ochlazováním vrtu dochází k jeho postupnému promrzání a tím se dlouhodobě snižuje výkon tepelného čerpadla – nutnost regenerace.
- Vlivem regenerace v letním období nelze ohřívat TUV, či bazén.

1.2.3. Tepelná čerpadla země/voda – zemní kolektor

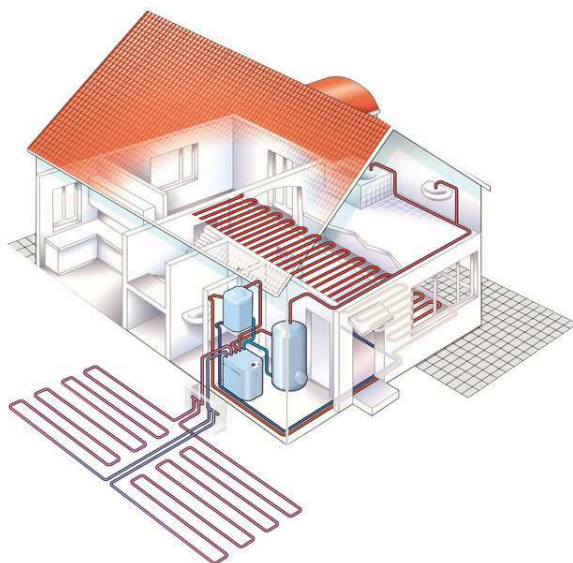
Tepelné čerpadlo tohoto typu využívá odběru tepla z půdy na pozemku domu, nejčastěji ze zahrady. Využívá tak zvaný zemní kolektor, což je plastová trubka položená v hloubce přibližně 1 m pod povrchem. Je položena v meandrech s roztečí nejméně 0,6 m, nebo do spirál, či smyček (viz. obr. 13). Touto trubicou proudí nemrznoucí kapalina, která akumuluje nízkopotenciální teplo.



Obr. 13 – Schéma zemního kolektoru: a) spirálového, b) plošného

Výměník se umísťuje vedle objektu v nezamrzlé hloubce. Velikost plochy u plošného kolektoru je asi trojnásobkem plochy vytápěné. Uvádí se, že pro tepelné čerpadlo o výkonu 10kW je třeba přibližně 250-350 m² plochy pozemku. (Výhodnější jsou půdy obsahující větší množství vody.) Menší plochu zabírá výkopový kolektor, kdy se do výkopu o hloubce 2 m a šířce 0,9 m uloží trubka ve tvaru smyček. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je pak potřeba 5 až 8 m délky výkopu. [11]

Z výše uvedeného vyplývá, že pro instalaci zemního kolektoru je třeba odstranit plošnou skrývku poměrně velké plochy nebo vykopat několik dlouhých výkopů. Z toho vyplývá, že tepelná čerpadla se zemními kolektory se používají především u novostaveb, kde se plánují větší terénní úpravy. Nutno však v této souvislosti poznamenat, že existují i rýhovače - speciální zařízení, které hloubí jen asi 15 - 25 cm široký zárez do půdy, díky nimž je možno tepelné čerpadlo, resp. zemní kolektor položit i s menší zátěží pro pozemek.



Obr. 14 – TČ země/voda – zemní kolektor

Výhody TČ země/voda – plošný kolektor:

- Nižší investiční náklady ve srovnání s vrtly.
- Spotřeba elektřiny je přibližně o 30 % nižší, než u TČ vzduch/voda.

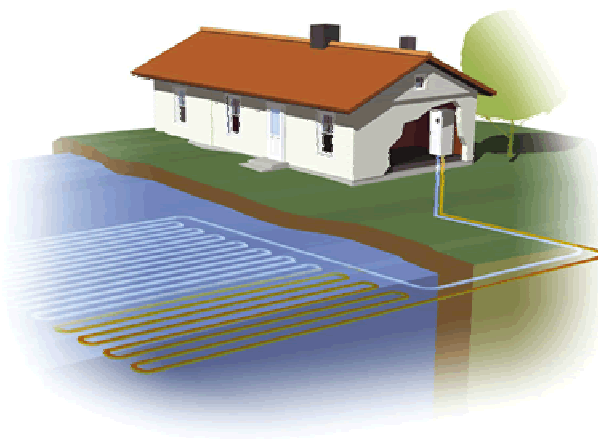
Nevýhody TČ země/voda – plošný kolektor:

- Potřeba dostatečně velkého pozemku.
- Zemina musí umožňovat provedení výkopů do potřebné hloubky.
- Na ploše kde je uložen zemní kolektor nelze stavět.
- Vliv na růst vegetace nad kolektorem.
- Neustálým ochlazováním kolektoru dochází k jeho postupnému promrzání a tím se dlouhodobě snižuje výkon tepelného čerpadla – nutnost regenerace.
- Vlivem regenerace v letním období nelze ohřívat TUV, či bazén.

1.2.4. Tepelná čerpadla země/voda – vodní plocha

Povrchová voda využívaná jako zdroj nízkopotenciálního tepla musí splňovat stejné parametry, jako voda podzemní - musí mít příznivé složení, dostatečnou čistotu, teplotu a musí jí být dostatečné množství. V našich podmínkách je obvyklým problémem čistota povrchové vody a v zimních měsících i její teplota. Získávání tepla z povrchové vody tedy obvykle probíhá

nepřímo, prostřednictvím plastového kolektoru ponořeného a ukotveného do vodního toku nebo nádrže, ve kterém obíhá nemrzoucí teplotonosná kapalina. Vzhledem k tomu, že v případě tepelných čerpadel využívajících povrchovou vodu jde o stejné parametry a stejný princip činnosti, jako u tepelných čerpadel využívajících horizontální zemní kolektory nebo vrty, jsou pro zpracování povrchové vody využívána čerpadla typu země/voda. [10]



Obr. 15 – TČ země/voda – vodní plocha

V naší zeměpisné šířce se bohužel teplota povrchových vod v zimních měsících pohybuje okolo 4°C, tedy pod teplotou, která je využitelná pro většinu typů tepelných čerpadel - tepelné čerpadlo při odebrání energie povrchovou vodu ochlazuje právě o 4°C, může proto docházet k namrzání výparníku, nebo musí být tepelné čerpadlo opatřeno výparníkem, který nepodléhá destrukci při namrznutí. Dalším problémem může být slabý průtok vodního toku. Kolektor by měl být uložen v hloubce minimálně 2 metry, nebo mít dostatečný průtok vodního toku.

Využití plošného plastového kolektoru ponořeného do vodního toku musí povolit správa povodí, do kterého spadá vodní tok, Meliorační správa, či místní Obecní úřad.

Pořizovací náklady tepelného čerpadla odebírajícího energii z povrchových vod jsou nižší, než u vrtů nebo horizontálních zemních kolektorů při zachování vysokého topného faktoru, toto řešení je však více náchylné k poškození výměníku při výraznějších změnách hladiny vodního toku, povodních, nebo při mechanických úpravách vodního toku, jako je například odbahňování, u rybníků mohou problémy způsobovat výlovy ryb.

Pro vytápění tepelným čerpadlem s využitím povrchových vod je potřeba kolektorová plocha o rozloze cca 35 čtverečních metrů na 1kW tepelného výkonu tepelného čerpadla.

Výhody TČ země/voda – vodní plocha:

- Nižší investiční náklady ve srovnání s vrtly.
- Spotřeba elektřiny je přibližně o 30 % nižší, než u TČ vzduch/voda.

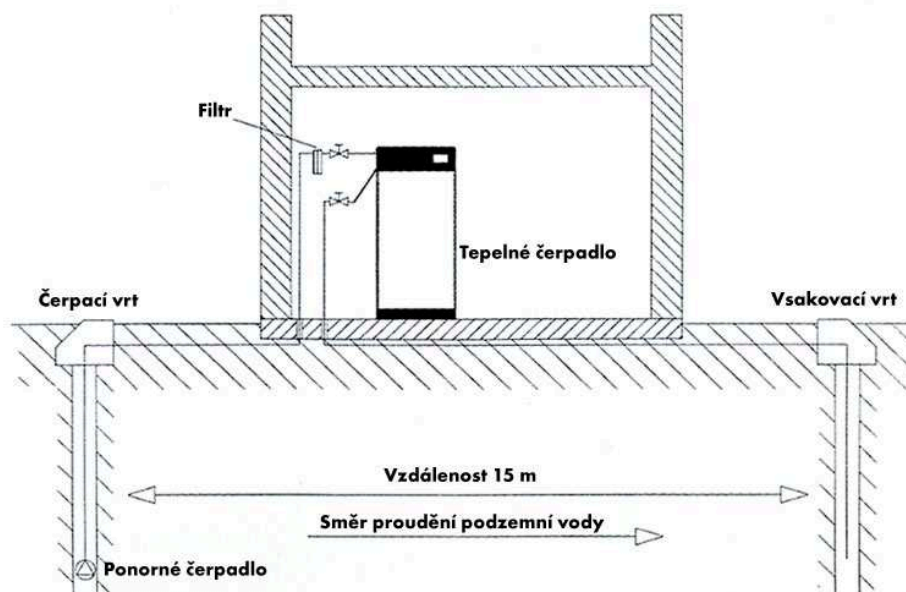
Nevýhody TČ země/voda – vodní plocha:

- Vhodné pouze pro objekty ležící v těsné blízkosti vodní plochy.
- Kolektor je náchylný na poškození při výrazných změnách hladiny toku, či při odbahňování.

1.2.5. Tepelná čerpadla voda/voda – podzemní voda (studny)

Tepelná čerpadla voda/voda jsou výhodná z hlediska příznivých fyzikálních vlastností vody - vysoké tepelné kapacity a nízké viskozity. Nejvýhodnějším zdrojem energie pro tepelná čerpadla je podzemní voda, která má zpravidla stálou teplotu kolem 10°C a většinou neobsahuje žádné chemické nebo mechanické nečistoty. V případě dobré kvality vody se pro odebrání tepla nepoužívá teplotonosná kapalina, ale voda ze studny, nebo z hydrogeologického vrtu je zavedena přímo do tepelného čerpadla. V opačném případě je pro předávání energie z podzemní vody využit zvláštní okruh s teplotonosnou kapalinou a deskovým tepelným výměníkem. Pro čerpání vody z vrtu nebo studny se využívá ponorné čerpadlo. V tepelném čerpadle se podzemní voda ochlazuje o 4°C a poté se vrací do zvláštního vrtu, tzv. vsakovací studny. Vodu nelze vracet zpět do zdrojové studny, protože by se velmi rychle ochladila a zdroj tepla by se stal nedostatečným. Odvádění ochlazené vody do kanalizace nebo do vodních toků není vhodné, protože bychom mohli narušit rovnováhu podzemní vody a dále není příliš ekologické degradovat hodnotnou podzemní vody na vodu povrchovou. [10]

Využití podzemní vody jako zdroje nízkopotenciálního tepla pro tepelné čerpadlo je nejvýhodnější, protože teplota podzemní vody je v otopném období ze všech ostatních zdrojů prakticky nejvyšší (10°C). Je však nutné mít v místě realizace k dispozici dostatečně vydatný zdroj podzemní vody (0,5 litru/s) a dále musí být příznivé hydrogeologické podmínky, konkrétně dobrá propustnost podloží. Za vhodné podloží se dají považovat štěrky, písky, písčovce, zkrasovatělé vápence, silně rozpukané vyvěřelé či metamorfované horniny. Pro přímé využívání tepelnými čerpadly se nehodí voda s vysokým obsahem minerálních látek (nad 300 mg/l). Pokud voda nevyhovuje pro přímé využití tepelným čerpadlem, je nutné přidat zvláštní okruh s nemrznoucí teplotonosnou kapalinou a deskovým tepelným výměníkem v materiálovém provedení, které odpovídá obsahu minerálů ve vodě.



Obr. 16 – Schéma TČ voda/voda – podzemní voda

Hydrogeologické vlastnosti hornin ve vsakovacím vrtu by měly odpovídat vydatnosti zdrojového vrtu, případně se musí vyhloubit vsakovacích vrtů více. Vsakovací vrt je nutné vyhloubit tak, aby zdrojový vrt byl proti směru proudění podzemní vody v minimální vzdálenosti 15 metrů. Hydrogeologické vrty se hloubí průměry více než 22 cm. Při vrtání je třeba dbát na to, aby nebyly propojeny jednotlivé zvodnělé vrstvy (zvodně) na různých úrovních. Ověřování vydatnosti vrtů a zvodní se provádí pomocí čerpacích, stoupacích a nálevních zkoušek. Reprezentativní zkoušky jako podklad pro vodohospodářské řízení jsou vyžadovány v trvání minimálně 21 dní.

Výhody TČ voda/voda – podzemní voda:

- Nižší investiční náklady ve srovnání s vrty.
- Spotřeba elektřiny je přibližně o 30 % nižší, než u TČ vzduch/voda.

Nevýhody TČ voda/voda – podzemní voda:

- Požadavky na kvalitu, dostatečné množství vody a teplotu vody.
- Nutnost vyřízení stavebního povolení, projektu a souhlasu Báňského úřadu, k odběru vody je potřeba povolení vodoprávního úřadu nebo odboru životního prostředí městského úřadu v místě instalace.
- Venkovní část dále vyžaduje pravidelnou údržbu (čištění filtrů) a je náchylnější na poruchy např. sacího čerpadla).

1.2.6. Tepelná čerpadla vzduch/vzduch

Tato čerpadla odebírají energii z okolního vzduchu a předávají ji ve formě tepla k dalšímu využití. Bohužel s tímto čerpadlem (na rozdíl od tepelného čerpadla vzduch/voda) není možný ohřev teplé užitkové vody, či vody v bazénu. Tato tepelná čerpadla pracují na stejném principu jako klimatizace. Výhodou tohoto čerpadla je velmi snadná montáž. V letním období lze, bez jakéhokoliv zásahu do provedeného vzduchotechnického systému, využít čerpadlo jako klimatizaci. Účinnost bez tepelné setrvačnosti je okamžitá. K tepelným čerpadlům vzduch/vzduch je zapotřebí instalovat do daného objektu vzduchotechnický rozvod, nebo více vnitřních jednotek.



Obr. 17 – TČ vzduch/vzduch

Tepelná čerpadla vzduch/vzduch mohou mít jen jednu vnitřní jednotku (split), nebo více vnitřních jednotek (multisplit). S jednou vnitřní jednotkou se používají pro vytápění malých bytů, temperaci domů, chat a chalup, nebo lze instalovat do daného objektu vzduchotechnický rozvod. Při použití více vnitřních jednotek, je ale možné tímto způsobem zajistit vytápění nebo i klimatizaci celého domu.

Výhody TČ vzduch/vzduch:

- Relativně snadná instalace.
- Lze využít v létě jako klimatizaci.
- Rychlý náběh teploty místnosti.
- Oproti ostatním TČ nejnižší investiční náklady.

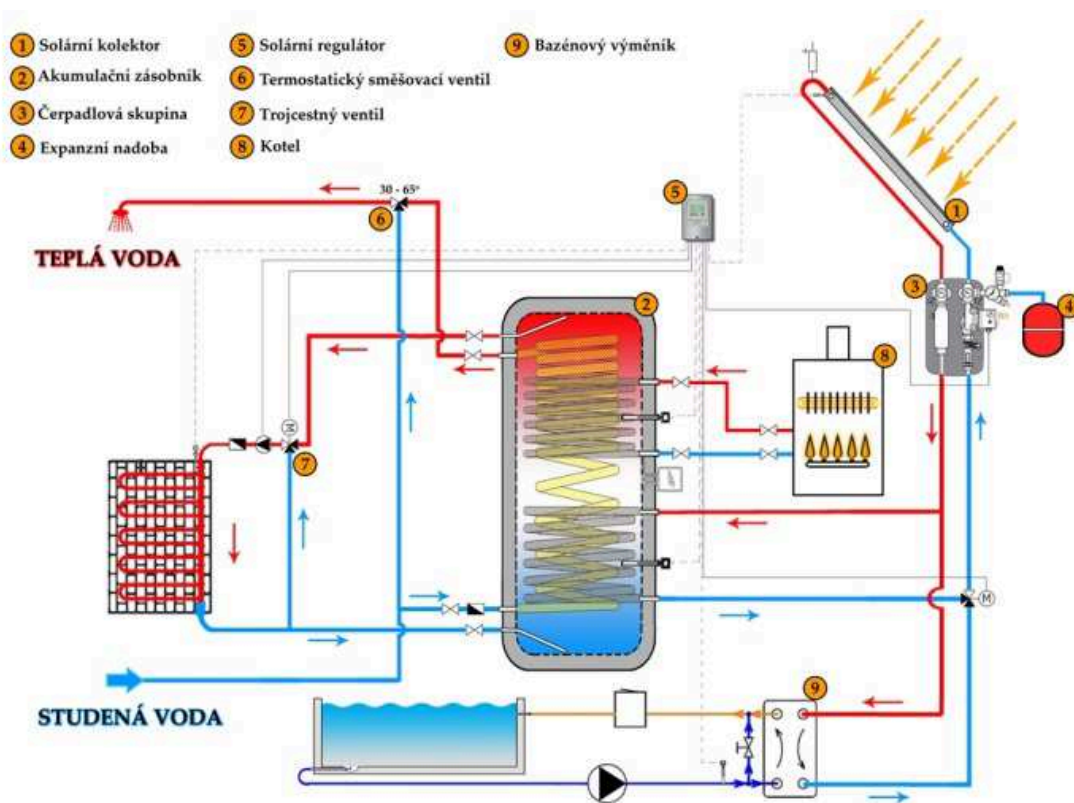
- Nižší topný faktor v zimních měsících je kompenzován velmi vysokým topným faktorem v přechodném období.
- Nenarušuje teplotní rovnováhu okolí.

Nevýhody TČ vzduch/vzduch:

- Závislost topného výkonu na teplotě venkovního vzduchu.
- Nelze využít pro přípravu TUV či ohřev bazénu.
- Hluk ventilátorů může obtěžovat okolí.
- Horší tepelná pohoda z důvodu proudění vzduchu.

1.3. Solární vytápění

Solární kolektory na vytápění domu v ČR prakticky nelze provozovat celoročně bez doplňkového zdroje tepla. Oproti TČ spotřebovává méně elektrické energie, avšak cena systému je srovnatelná. K efektivnímu provozu je nutné použít velkou akumulaciční nádrž, na kterou v rekonstruovaném objektu nemusí být již místo.



Obr. 18 – Příklad zapojení solárního kolektoru v RD s bazénem

Velikost systému záleží na velikosti vytápěné budovy, na její tepelné ztrátě a na typu otopné soustavy. Podmínkou je nízkoteplotní otopná soustava, proto je ideální podlahové vytápění s teplotním spádem 40/35°C, nebo velkoplošné radiátory se spádem 50/ 40°C. [10]

Kolektory by měly být umístěny JJV – JZ směrem ve sklonu cca 45° a je třeba mít dostatečně rozlehlou sedlovou, nebo plochou střechu. V našich zeměpisných šířkách je ideální sklon v letním období 30° a v zimním 60-70°. Z toho vychází celoroční průměr sklon kolektorového pole 45°.

Výhody solárního vytápění:

- Energie prakticky zdarma.
- Výhodný ohřev bazénu.
- Ekologický zdroj.
- Minimální potřeba údržby.
- Nenarušuje teplotní rovnováhu okolí.

Nevýhody solárního vytápění:

- Malý zisk tepla v zimních měsících.
- Potřeba doplňkového zdroje s téměř 100% pokrytím tepelných ztrát.
- Nutnost správných dispozic budovy.
- Rozměry akumulční nádrže.
- Pořizovací cena.

2. Výpočet tepelných ztrát

2.1. Popis rekonstruovaného RD

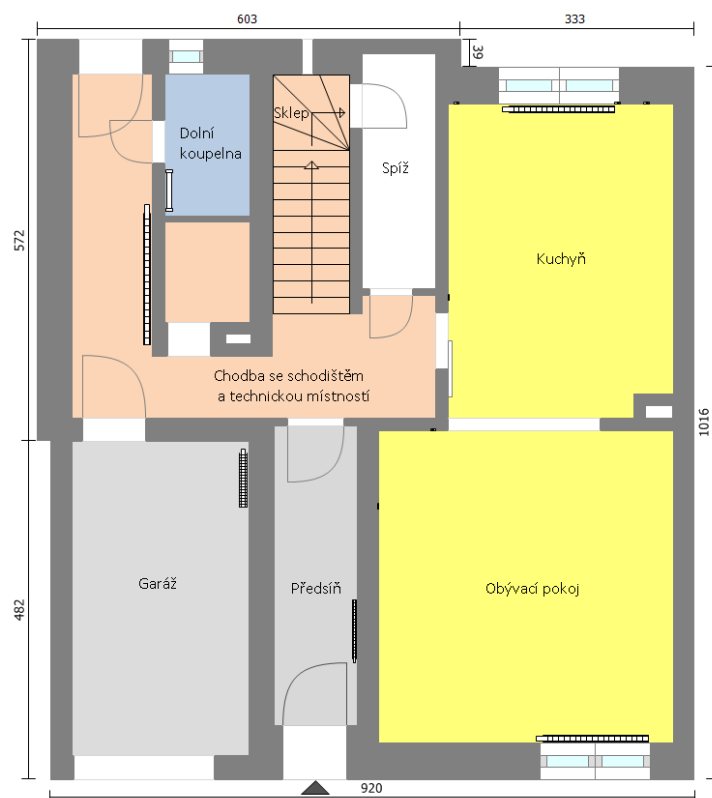
Rekonstruovaný dům je cihlová, dvoupodlažní, nepodsklepená budova postavená cca v roce 1935, nacházející se v řadové zástavbě. Za domem je v těsné blízkosti terasovitá stráž, která dům o několik metrů převyšuje. Dům byl již dříve rekonstruován a zvětšen, proto se zde nachází různé druhy stropních konstrukcí (Dřevo, beton a stropní vložky Hurdís).



Obr. 19 – Rekonstruovaný dům (pohled z ulice)

Ve 2. NP se nachází vstup do místnosti, která je volně propojena s půdním prostorem.

V současnosti je tento prostor nezateplený, který po zateplení bude využit jako pracovna a jeho půdní část jako zateplený půdní prostor k zatím nespecifikovanému využití. Dům měl již před rekonstrukcí plastová okna a v rámci připravovaného zateplení střechy budou přidány 4 ks střešních oken.



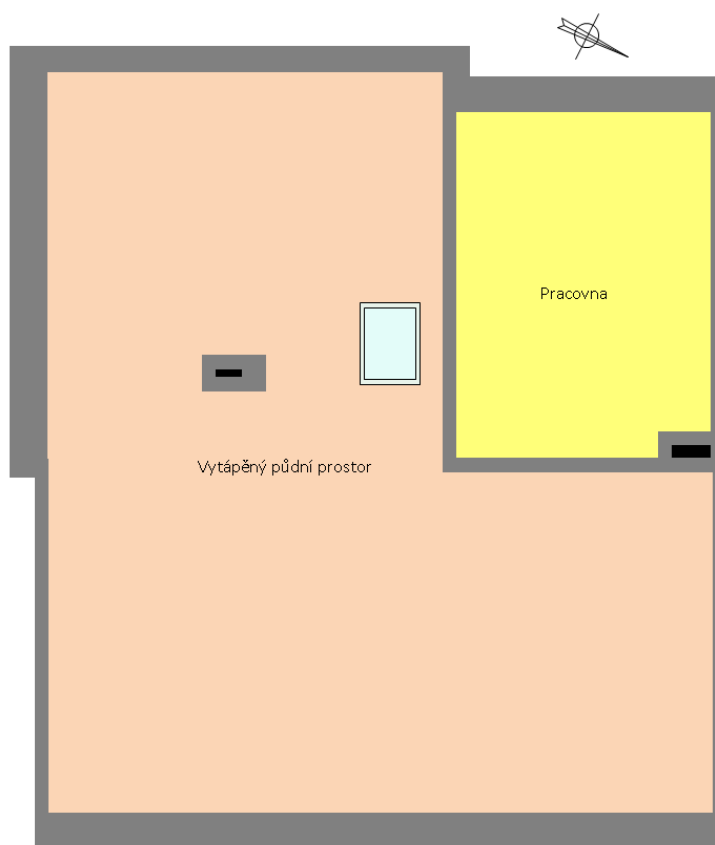
Obr. 20 – 1. podlaží RD



Obr. 21 – 2. podlaží RD

K započetí rekonstrukce došlo v roce 2010 a byly doposud (2013) provedeny tyto změny:

- Výměna pálené střešní krytiny za betonovou s provětrávanou mezerou.
- Oprava komínů pro plynový kotel a krbová kamna, včetně jejich vyvložkování.
- Výměna samotížných rozvodů vytápění, radiátorů a stacionárního plynového kotle za měděné rozvody s plechovými radiátory a nástěnný plynový kotel.
- Výměna elektroinstalace a oprava omítek ložnice, kuchyně, dětského a obývacího pokoje.
- Výměna dřevěné provětrávané podlahy v kuchyni a obývacím pokoji za betonovou, včetně izolace proti vlhkosti, radonu, tepelné izolace EPS 12 cm a zajištění provětrávání prostoru pod izolací proti vztlínání vlhkosti do stěn.
- Rekonstrukce kuchyně, rozvodů vody, odpadů a vyřazení septiku.
- Výměna dřevěných předních i zadních vchodových dveří za plastové.
- Vytvoření zádveří a spíže pomocí dvou příček.
- Připojení krbových kamen s výměníkem do otopné soustavy.



Obr. 22 – Podkroví RD

Popis současné vytápěcí soustavy

V roce 2010 došlo k výměně samotížného rozvodu za měděný z důvodu estetiky i rychlosti natopení. Původní různorodé radiátory byly nahrazeny typem Radik VK firmy Korado a v koupelnách přidány žebříkové radiátory Grenada Radius. Stacionární plynový kotel byl nahrazen klasickým závěsným kotlem Protherm Panther 12 KOO na zemní plyn. Rozvody jsou v obytných místnostech vedeny izolovaně v podlaze, nebo stropním SDK podhledu. Velikost radiátorů byla navržena odhadem dle metody 50 W/m^3 určené pro starší nezateplené domy.

Regulace je provedena v největších místnostech IRC systémem PocketHome v rozsahu 6 ks hlavice HD20, centrální jednotka CJ37plus a jednotka spínání kotle PK20. Zbytek radiátorů je osazen termostatickými hlavici Heimeier K. Plynový kotel má integrovanou ekvitermní regulaci, takže po připojení externího čidla dokáže regulovat teplotu otopné vody dle venkovní teploty. Ekvitermní křivky lze nastavit v servisním menu kotle. Regulace je tedy IRC kombinovaná s ekvitermní.

V roce 2013 byla do otopné soustavy připojena krbová kamna ABX Stockholm s výměníkem o výkonu 5,5 kW do prostoru a 7 kW do vody. Kamna byla doplněna třicestným ventilem na 55°C omezujícím nízkoteplotní korozi a dehtování, dochlazovacím ventilem Regulus DBV1 proti přetopení, bezpečnostním ventilem a úsporným čerpadlem Grundfos ALPHA2 se spotřebou 5 – 25 W.

Oba tepelné zdroje mají jednocestný ventil zabraňující vzájemnému vytápění výměníků a pomocí termostatu na výstupu z výměníku krbové vložky je blokován chod plynového kotle, takže po vyhasnutí krbových kamen je soustava automaticky přepnuta na vytápění plynem.

2.2. Výpočet tepelných ztrát a potřebného tepelného výkonu

Výpočty vychází z normy ČSN EN 12831, dle které jsou prakticky tři způsoby výpočtu tepelných ztrát budovy, a to:

- **Podrobný výpočet** - se zohledněním tepelných mostů, kde se ke stavební části vyjádřené průměrným součinitelem prostupu tepla v ploše přičte vliv lineárních tepelných mostů definovaných činitelem lineárního prostupu Ψ . Tento způsob je ale velmi komplikovaný vzhledem k chybějícím hodnotám Ψ jednotlivých detailů a jejich případnému rozdělení v konstrukci.

- **Zjednodušená výpočtová metoda** – tato metoda neuvažuje s tepelnými mosty, ale zavádí korekční teplotní činitele f_k , který svým rozměrem rozlišuje jednotlivé druhy prostupů na základě tabulky v normě. V případě prostoru vytápěného na výrazně vyšší teplotu (např. koupelna) metoda zavádí korekční činitel $f_{\Delta\theta,i}$, který o 60 % zvýší návrhovou ztrátu vytápěného prostoru. Z normy není patrné, zdali lze tuto metodu použít i na jinou, než tzv. obálkovou metodu.
- **Zjednodušená metoda stanovení lineárních ztrát** - tepelné mosty se uvažují jako plošná přirážka k součiniteli prostupu tepla ze stavební části. Vzhledem k absenci jakékoli stavební dokumentace k domu a potřebě získání relevantních výsledků, je níže k výpočtu tepelných ztrát RD použita tato zjednodušená metoda stanovení lineárních ztrát. [12]

Tabulka 1 – Výpočtové parametry budovy

Výpočtové parametry zateplené budovy	
Výpočtová venkovní teplota θ_e	-12 °C
Výpočtová roční průměrná teplota $\theta_{m,e}$	3,8 °C
Nadmořská výška	200 m
Korekce ročních změn teploty f_{gl}	1,45
Vliv spodní vody G_w	1,15
Korekce povětrnostních vlivů e_k, e_l	1
Podlahová plocha	194 m ²
Obytná plocha	168 m ²
Vytápěná plocha	187 m ²
Přerušovaně vytápěné prostory	168 m ²
Celkový vnitřní objem	439 m ³

Vzhledem k velkému počtu počítaných ploch, jsou všechny výpočty ztrát provedeny v programu Excel, všechny vstupní hodnoty i výsledky z něj jsou v tabulkách přílohy a výpočty v elektronické příloze. Kromě výpočtu tepelných ztrát před zateplením jsou všechny uvedené výpočtové parametry a výsledky vztažené k budově po zateplení střechy 23 cm izolační vaty a fasády 10 cm polystyrenu. Oba uvedené materiály jsou uvažovány se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,039 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Tabulka 2 – Výpočtové parametry místností

Výpočtové parametry místností			
Místnost	Výpočtová teplota [°C]	Podlahová plocha [m ²]	Objem [m ³]
Obývací pokoj s kuchyní	20	33,7	84,3
Dětský pokoj	20	19,6	48,1
Ložnice	18	18,1	43,0
Horní koupelna	24	12,5	25,0
Dolní koupelna	24	2,4	7,0
Garáž	15	11,2	36,9
Chodba	18	18,7	66,6
Předsíň	15	5,2	15,0
Spíž	-	3,6	9,8
Sklep	-	3,0	3,0
Podkroví	20	65,8	100,6

2.2.1. Tepelné ztráty prostupem

Návrhovou tepelnou ztrátu prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ lze pro vytápěný prostor (i) spočítat podle:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde:

$H_{T,ie}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy (W/K);

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) (W/K);

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu (W/K);

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu, např. sousedící místnost uvnitř funkční části budovy nebo vytápěný prostor sousední funkční části budovy (W/K);

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) (°C);

θ_e výpočtová venkovní teplota (°C).

Výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem dle normy je dán součtem ztrát plochy stavební části a délky lineárního tepelného mostu, který se na ní podílí.

Výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad [\text{W/K}] \quad (2)$$

Výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do nevytápěného prostoru:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (3)$$

kde:

A_k je plocha stavební části (k) (m^2);

e_k, e_l korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických vlivů jako je různé oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota. e_k, e_l mají být stanoveny na národní úrovni. Nejsou-li národní hodnoty stanoveny $e_k, e_l = 1$.

U_k součinitel prostupu tepla stavební části (k) ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$), vypočtený podle:

- EN ISO 6946 (pro neprůsvitné části);
- EN ISO 10077-1 (pro dveře a okna);
- nebo z údajů uvedených v Evropských technických schváleních.

l_l délka lineárních tepelných mostů (l) mezi vnitřním a venkovním prostředím (m);

ψ_l součinitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu (l) ($\text{W/m} \cdot \text{K}$).

ψ_l se stanoví jedním ze dvou dále uvedených postupů:

- pro hrubé stanovení se užijí tabelární hodnoty uvedené v EN ISO 14683;
- nebo se vypočtou podle EN ISO 10211-2.

Výpočet tepelných mostů zjednodušenou metodou stanovení lineárních ztrát

Činitelé lineárního prostupu ψ se liší podle skladby konstrukce a konkrétního detailu a podmínek a jejich určení a hlavně rozdělení do různých směrů je poměrně složitá záležitost a je třeba obvykle výpočetního nástroje pro popis teplotního pole. Lze je převzít z normy EN ISO 14683, ovšem tam nejsou uvedeny pro místnost, ale pro budovu, nebo spočítat podle EN ISO 10211-2 (nebo pomocí softwaru). Nutným předpokladem je, že byt' se tepelné mosty v objektu vyskytují, tak jsou ale pro naše účely dobře stavebně vyřešené.

Pro účely tepelných ztrát místností jsou tyto tepelné mosty zohledněny pouze plošnou přírážkou součinitele prostupu tepla ze stavební části ve výpočtu tak, že je ke každé konstrukci přičtena

hodnota součinitele prostupu podle zařazení objektu z hlediska stavebního řešení obvodového pláště, takže výpočet pro prostup bude vypadat takto:

Činitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot (U_k + \Delta U_k) \cdot e_k \quad [\text{W/K}] \quad (4)$$

Činitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do nevytápěného prostoru

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot (U_k + \Delta U_k) \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (5)$$

kde je:

U_k součinitel prostupu tepla daný normou ČSN 73 0540;

ΔU_k přírážka na tepelné mosty - podle normy je možno použít přírážku s označením ΔU_{tb} , která je v normě součástí přílohy D.3.;

e_k korekční činitel, jelikož není stanoven národními předpisy, uvažuje se 1;

b_u teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty. Je možné ho zjistit různými způsoby, dokonce je v normě uveden podle typu nevytápěného prostoru. Pro přesnější určení tohoto činitele lze použít přímo teplotu v nevytápěném prostoru a činitel dopočítat podle:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (6)$$

Činitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do zeminy

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (7)$$

kde je:

f_{g1} korekční činitel, dle ČSN uvažujeme 1,45;

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou, který se stanoví takto:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (8)$$

kde $\theta_{m,e}$ je průměrná roční venkovní teplota;

A_k plocha stavebních částí (k), které se dotýkají zeminy (m^2);

$U_{equiv,k}$ ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí, stanovený podle typu podlahy;

G_w korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Tento vliv se musí uvažovat, je-li vzdálenost mezi předpokládanou vodní hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží (podlahové desky) menší než 1 m.

Činitel tepelné ztráty *do, nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách*

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad [\text{W/K}] \quad (9)$$

kde je:

f_{ij} redukční teplotní činitel. Činitel koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (10)$$

A_k plocha stavební části (k) (m^2);

U_k součinitel prostupu tepla stavební části (k) ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$).

2.2.2. Tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ pro vytápěný prostor (i) lze spočítat podle:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (11)$$

kde:

$H_{V,i}$ je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním (W/K);

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ($^{\circ}\text{C}$);

θ_e výpočtová venkovní teplota ($^{\circ}\text{C}$).

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$ vytápěného prostoru (i) lze spočítat podle:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (12)$$

kde:

\dot{V}_i je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) (m^3/s);

ρ hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$ (kg/m^3);

c_p měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$ ($\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$).

Při předpokladu konstantního ρ a c_p se rovnice (12) zjednoduší:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [\text{W/K}] \quad (13)$$

V normě jsou definovány minimální intenzity výměny vzduchu n_{\min} (tabulka D.5.1):

obytná místnost (základní)	0,5/h
kuchyně nebo koupelna s oknem	1,5/h
WC (převzato z příkladu v normě)	1,5/h
kancelář	1,0/h
zasedací místnost, školní třída	2,0/h

Ostatní prostory v normě definovány nejsou.

2.2.3. Celková návrhová tepelná ztráta budovy

Je množství tepla (tepelný tok) unikající z budovy do venkovního prostředí za definovaných podmínek. Číselně je pak součtem tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním.

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = 3\,894 + 2\,653 = \mathbf{6\,547\,W} \quad (14)$$

Tabulka 3 – Vypočtené ztráty před a po zateplení

Tepelné ztráty budovy					
	Prostupem				Větráním
	Před zateplením		Po zateplení		
	[W]	[W/m ³]	[W]	[W/m ³]	[W]
Obývací pokoj s kuchyní	2 030,5	24,1	941,1	11,2	908,7
Dětský pokoj	1 889,8	39,3	341,9	7,1	259,0
Ložnice	889,6	20,7	93,9	2,2	217,2
Horní koupelna	2 856,2	114,3	637,3	25,5	454,3
Dolní koupelna	480,4	69,0	311,8	44,8	126,5
Garáž	403,3	10,9	200,6	5,4	67,0
Chodba	3 114,0	46,8	481,0	7,2	336,1
Předsíň	87,4	5,8	16,5	1,1	68,0
Soused vlevo	-152,5	-	-152,5	-	-
Soused vpravo	0,0	-	0,0	-	-
Podkroví	-	-	869,9	8,6	216,7
Celkem	11 751	26,8	3 894	8,9	2 653
Celkem na m ² [W/m ²]	63,4		20,1		
Celkem s větráním [kW]	14,2		6,5		

2.2.4. Návrhový tepelný výkon zdroje vytápění

Je požadovaný tepelný tok, který je nutný k zajištění navrhovaných podmínek. Číselně je pak součtem tepelné ztráty prostupem, tepelné ztráty větráním a zátopovým tepelným výkonem při přerušovaném vytápění.

Zátopový činitel f_{RH} může zbytečně značně navýšit potřebný topný výkon, proto je vhodné počítat jen s určitou soudobostí potřeby tepla mezi místnostmi a zvolit delší dobu zátopy, či zabezpečit, aby regulace teploty při největších mrazech nepřecházela do útlumu. Hmotnost této budovy považuji z tohoto hlediska za vysokou s předpokládaným útlumovým poklesem o 2 °K. S přihlédnutím k těmto předpokladům volím zátopový činitel $f_{RH} = 11 \text{ W/m}^2$.

Návrhový tepelný výkon po zateplení tedy bude:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} = 3\,894 + 2\,653 + (11 \cdot 168) = \mathbf{8\,395 \text{ W}} \quad (15)$$

2.2.5. Výpočet roční potřeby tepla na vytápění

Výpočet lze provést dle vztahu [13]:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_{C \cdot D}}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3600 \quad [\text{J/rok}] \quad (16)$$

kde je:

ε opravný součinitel dle typu budovy a regulace.

$$\varepsilon = \varepsilon_i \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_d \quad [-] \quad (17)$$

ε_i je součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem. Protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří 10-20 % celkové tepelné ztráty, volí se součinitel v rozmezí 0,8 až 0,9.

ε_t je součinitel snížení teploty v budově během útlumu vytápění. Volí se v rozmezí 0,8 při půldenním útlumu, až 1,0 při trvalém vytápění na konstantní teplotu.

ε_d je součinitel zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu. Podle využití budov v průběhu týdne se volí v rozmezí:

- 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem,
- 0,9 pro budovy se šestidenním,
- 0,8 pro budovy s pětidenním provozem.

η_o účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy. Volí se v rozmezí 0,9 až 1,0.

η_r účinnost rozvodu vytápění. Volí se dle provedení v rozmezí 0,95 až 0,98.

Q_c Tepelná ztráta objektu [W].

D jsou vytápěcí denostupně, kde:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{K} \cdot \text{dny}] \quad (18)$$

d je délka otopného období;

t_{is} průměrná vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$],
pro obytné budovy uvažujeme 18,2-19,1 $^{\circ}\text{C}$;

t_{es} průměrná teplota v otopném období [$^{\circ}\text{C}$].

Po dosazení budou tedy průměrné roční tepelné ztráty budovy před zateplením:

$$Q_{VYT,r} = \frac{(0,85 \cdot 0,8 \cdot 1)}{(1 \cdot 0,95)} \cdot \frac{24 \cdot 14190 \cdot 3359,2}{(19 - (-12))} \cdot 3600 = 95,094 \text{ GJ}, \quad (19)$$

a po zateplení:

$$Q_{VYT,r} = \frac{(0,85 \cdot 0,8 \cdot 1)}{(1 \cdot 0,95)} \cdot \frac{24 \cdot 6550 \cdot 3359,2}{(19 - (-12))} \cdot 3600 = 43,89 \text{ GJ}. \quad (20)$$

3. Regulace vytápění

Otopné soustavy jsou ve smyslu příslušných norem projektovány a dimenzovány podle tepelných ztrát vytápěného objektu na výpočtovou nejnižší venkovní teplotu v daném regionu. Skutečný počet dnů s takto nízkými teplotami je však nepatrný a otopná soustava je tak po většinu trvání topné sezóny značně předdimenzovaná. Její výkon je tedy třeba snižovat a k tomuto účelu slouží právě nejrůznější způsoby regulace. Hlavní funkcí regulace vytápění je udržování požadované tepelné pohody při minimální spotřebě energie na vytápění.

Výběr systému regulace závisí v prvé řadě na použitém typu tepelného zářiče, přičemž nejrozšířenější jsou:

- teplovodní,
- elektrické přímotopné.

3.1. Regulace teplovodního vytápění

Zpravidla se v rodinných domech můžeme setkat s těmito druhy regulace:

Prostorový termostat v referenční místnosti bez použití termostatických hlavic v domě

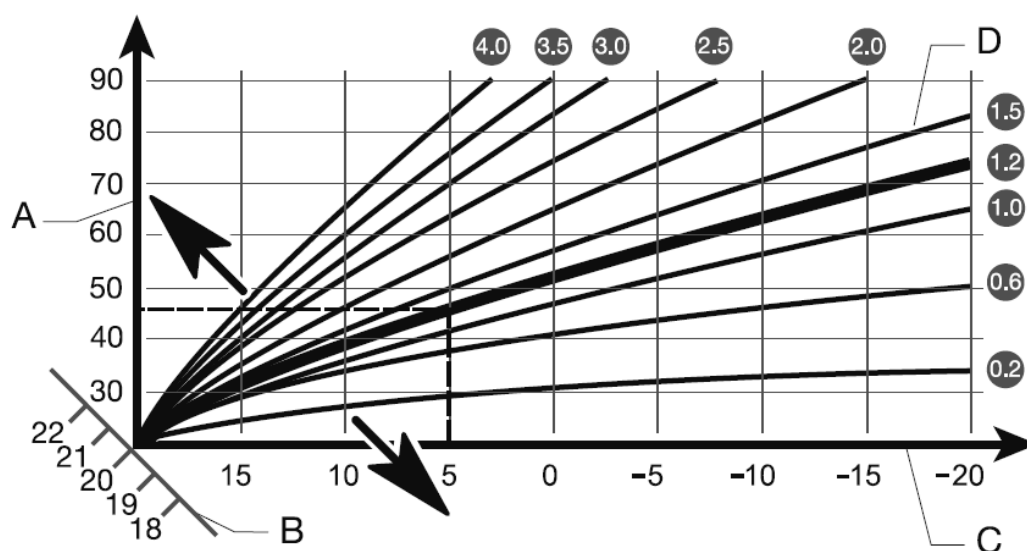
Teplo je dle žádosti z referenční místnosti u vyvážené soustavy rovnoměrně distribuováno do ostatních vytápěných místností bez ohledu na jejich teplotu. Pokud dojde k ohřátí referenční místnosti osluněním, vařením, nebo např. zatopením v lokálních krbových kamnech, tak v ostatních částech domu dojde k nežádoucímu poklesu teploty. V případě instalace druhého referenčního termostatu na vhodné místo (např. v jiném podlaží opačné strany budovy) se tento problém odstraní, ale bude zbytečně přetápěna první referenční místnost díky absenci termostatické hlavice.

Prostorový termostat v referenční místnosti s použitím termostatických hlavic v domě

Teplo je distribuováno dle žádosti z referenční místnosti, ve které nesmí být instalována termostatická hlavice. Jednotlivé vytápěné místnosti při dosažení nastavené teploty na hlavici přestanou odebírat teplo ze zdroje vytápění, takže nemůže docházet k přetápění místností. Pokud dojde k ohřátí referenční místnosti osluněním, vařením, nebo např. zatopením v lokálních krbových kamnech, tak v ostatních částech domu dojde k nežádoucímu poklesu teploty. V případě instalace druhého referenčního termostatu na vhodné místo (např. v jiném podlaží opačné strany budovy) se tento problém odstraní, ale bude zbytečně přetápěna první referenční místnost díky absenci termostatické hlavice.

Ekvitermní regulace

Ekvitermní regulace teploty spočívá v regulaci teploty topné vody na základě venkovní teploty a to regulací výkonu zdroje tepla, či pomocí směšovacích armatur. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané topné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami budovy a teplota místností tak zůstala konstantní. Vztah mezi venkovní teplotou a teplotou otopné vody udává tzv. topná křivka (Obr. 22), podle které je řízen regulátor.



Legenda

A - Teplota topné vody [°C]

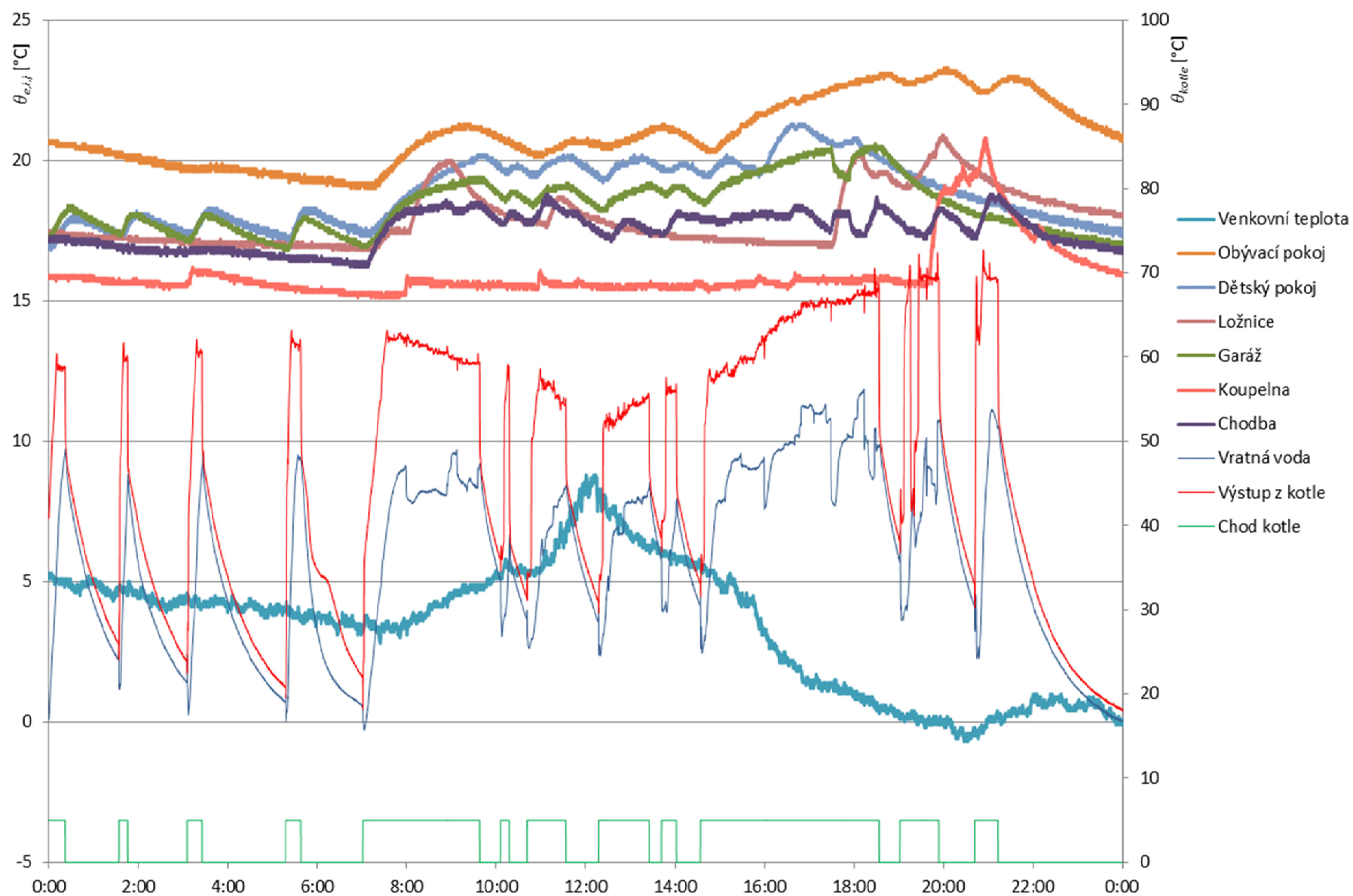
B - Volba základny křivky (požadovaná teplota v místnosti) [°C]

C - Venkovní teplota [°C]

D - Topné křivky

Obr. 23 – Vliv parametrů topné křivky na její úhel a posun

Tato křivka je závislá na tepelné ztrátě budovy, pokud se tedy změní vnitřní teploty vlivem nočního útlumu, tak by se měl regulátor přepnout na jinou (útlumovou) křivku, avšak většina ekvitermních regulátorů tuto funkci přepínání křivek nemá, což není velký problém, bude jen v době útlumu častěji vypínán kotel vlivem rychlejšího dosažení žádané teploty v místnostech. V praxi to znamená, že pokud bude momentální tepelná ztráta budovy vyšší, než je minimální výkon kotle, tak by při správně nastavené topné křivce měl kotel topit téměř nepřetržitě. Vliv ekvitermní regulace na teplotu otopné vody je dobře patrný z měření na obr. 24.



Obr. 24 – Záznam teplot OV, místnosti a chodu kotle v budově před zateplením

IRC regulace – nezávislé řízení teploty jednotlivých místností

IRC – Individual Room Control systém měří i reguluje teplotu v několika místnostech a každá může být vytápěna dle jiného časového i teplotního programu. Obvykle jsou v průběhu noci, či pravidelném pobytu mimo dům nastaveny útlumové teploty, které mohou ušetřit dle odhadů až 30 % energie na vytápění. Tento systém je pro RD obvykle bezdrátový s centrální jednotkou, která zpracovává informace o teplotách v jednotlivých místnostech a dává povely jednotlivým hlavicím dle nastaveného programu.



Obr. 25 – Bezdrátový systém PocketHome: a) hlavice b) centrální jednotka c) spínač kotle

Kotel je spouštěn z centrální jednotky při poklesu teploty v některé z místností, která má nastavenou prioritu řízení kotle. Tuto prioritu mohou mít všechny místnosti, přičemž povel k zapnutí kotle je vyslán, až když je hlavice s prioritou otevřena na nastavenou hodnotu, aby kotlové čerpadlo nepracovalo do zavřeného okruhu. Hlavice jsou ovládány buď proporcionalně (plynule), nebo binárně (zavřeno/otevřeno).

Běžně jsou tyto systémy připojeny k internetu a umožňují vzdálené ovládání. V kombinaci s ekvitermním řízením teploty topné vody se chovají nejúsporněji při maximálním teplotním komfortu.

3.2. Regulace elektrického přímotopného vytápění

Nejjednodušší regulaci přímotopného vytápění lze provádět většinou pomocí termostatu na přímotopném panelu, ale není zrovna nejúspornější řešení, jelikož přepnutí na útlumové teploty bychom museli provádět ručně. V případě podlahového vytápění je vhodné použít nástěnný

termostat, nejlépe i s hlídáním teploty podlahy. Na rozdíl od teplovodního vytápění je prakticky vždy termostat umístěn v každé místnosti s tepelným zdrojem. Buď je součástí radiátoru, nebo je na stěně. Je to dáno hlavně cenou této energie a také relativně levným způsobem ovládání. Použitím více programovatelných termostatů v místnostech získáme IRC systém, avšak bez možnosti centrálního, či dálkového ovládání. Existují IRC systémy určené přímo pro elektrické vytápění s pulzně šířkovou modulací výkonu.

4. Ekonomické zhodnocení zvoleného řešení

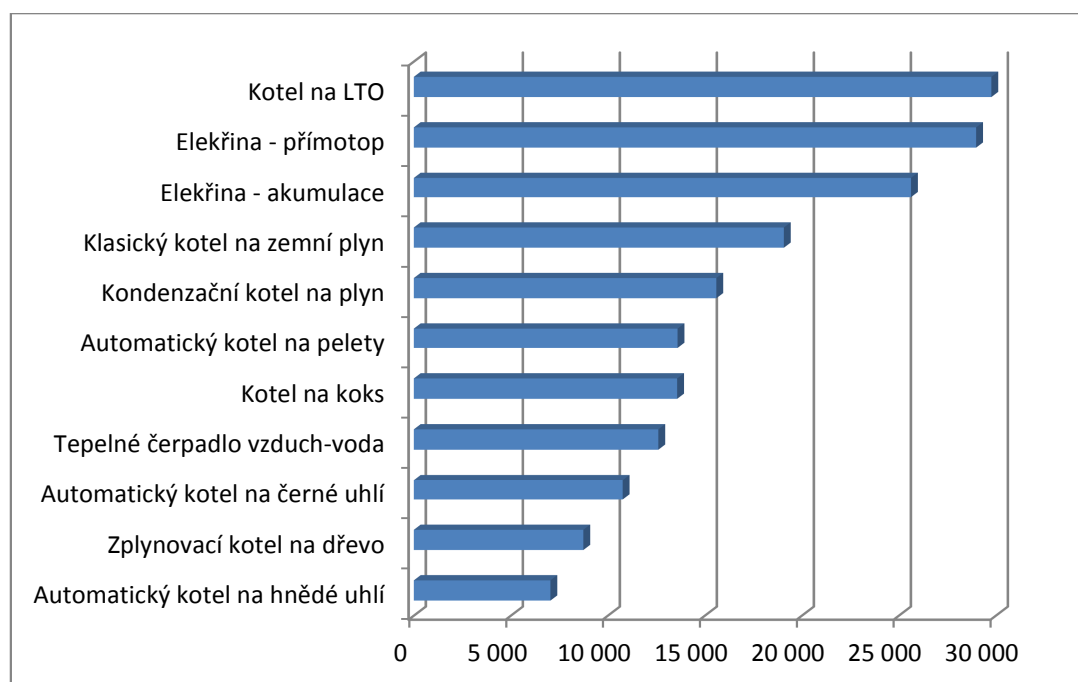
4.1. Porovnání nákladů na vytápění dle typu zdroje a paliva

V současné době je dům nezateplený, vytápěn převážně zemním plynem s průměrnými ročními náklady na jeho vytápění **38 325 Kč** (viz. tabulka 4). Vypočtená cena je dle aktuálního ceníku (platného od 1.1.2014) současného distributora 3-E (Europe Easy Energy) dle spočítané průměrné roční tepelné ztráty budovy (19).

Tabulka 4 – Roční průměrné ztráty a náklady na vytápění nezateplené budovy

Roční průměrné tepelné ztráty před zateplením	95,09 GJ 26,42 MWh
Účinnost plynového kotle Protherm Panther 12 KOO	89,9 %
Průměrná roční spotřeba zemního plynu	29,38 MWh
Cena zemního plynu (Europe Easy Energy)	1,22 Kč/kWh
Měsíční paušál	214,85 Kč/měs.
Průměrné roční náklady na vytápění celkem	38 325 Kč

Po zateplení střechy (23 cm) a fasády (10 cm) by měli průměrné roční náklady na vytápění klesnout k **19 077 Kč** (viz. příloha 11), což je roční úspora cca **19 248 Kč** při zachování současného zdroje vytápění, tj. plynového kotle Protherm Panther 12 KOO.



Obr. 26 – Porovnání ročních nákladů na vytápění různými zdroji

Na obr. 26 je porovnání ročních nákladů na vytápění různými zdroji tepla. Při výpočtu byl u vytápění elektřinou, nebo TČ snížen měsíční paušál o 155 Kč, což je cena za měsíční paušál elektřiny, který je nutné platit při všech ostatních způsobech vytápění. Úspora na elektřině pro ostatní domácí spotřebiče vlivem výhodnějšího tarifu pro přímotopy, akumulaci, či TČ není v úsporné domácnosti významná, protože je kompenzována vysokou cenou paušálu.

V příloze č. 11 je tabulka s ročními náklady na vytápění a dobou prosté návratnosti dle původního tepelného zdroje. Při porovnání nákladů na provoz nejpoužívanějších tepelných zdrojů vychází nejlevněji vytápění hnědým uhlím v automatickém kotli a následují ho další zdroje, které jsou také náročné zejména na skladovací prostory a prašnost při manipulaci. Problémem u těchto kotlů instalovaných do nízkoenergetických domů může být příliš velký minimální výkon, protože v přechodném období dochází k nedokonalému spalování, které zhoršuje účinnost a způsobuje rychlejší znečištění kotle. Tento problém by se dal vyřešit použitím akumulační nádoby, avšak za cenu častějšího zatápění (nebude potřeba topit trvale), zvýšení investičních nákladů a omezení prostoru v domě.

Nejkratší doba návratnosti investice je u kotle na dřevo, avšak vyžaduje nejčastější přikládání a nejvíce skladovacího prostoru i práce s přípravou paliva.

Z tepelných zdrojů, které nepotřebují žádný skladovací prostor paliva je na prvním místě sice tepelné čerpadlo, avšak při návratnosti investice kolem 18 let při průměrném COP = 3.

V případě, že by TČ mělo být pořízeno na úvěr, tak bude tato volba nerentabilní. V případě zvažování investice statistických částek z úspor investora do dražšího TČ je vhodné odečíst z úspory vytápěním TČ částku, kterou by mohly vydělat úspory investované do bezpečných finančních produktů (termínované vklady, dluhopisy apod.).

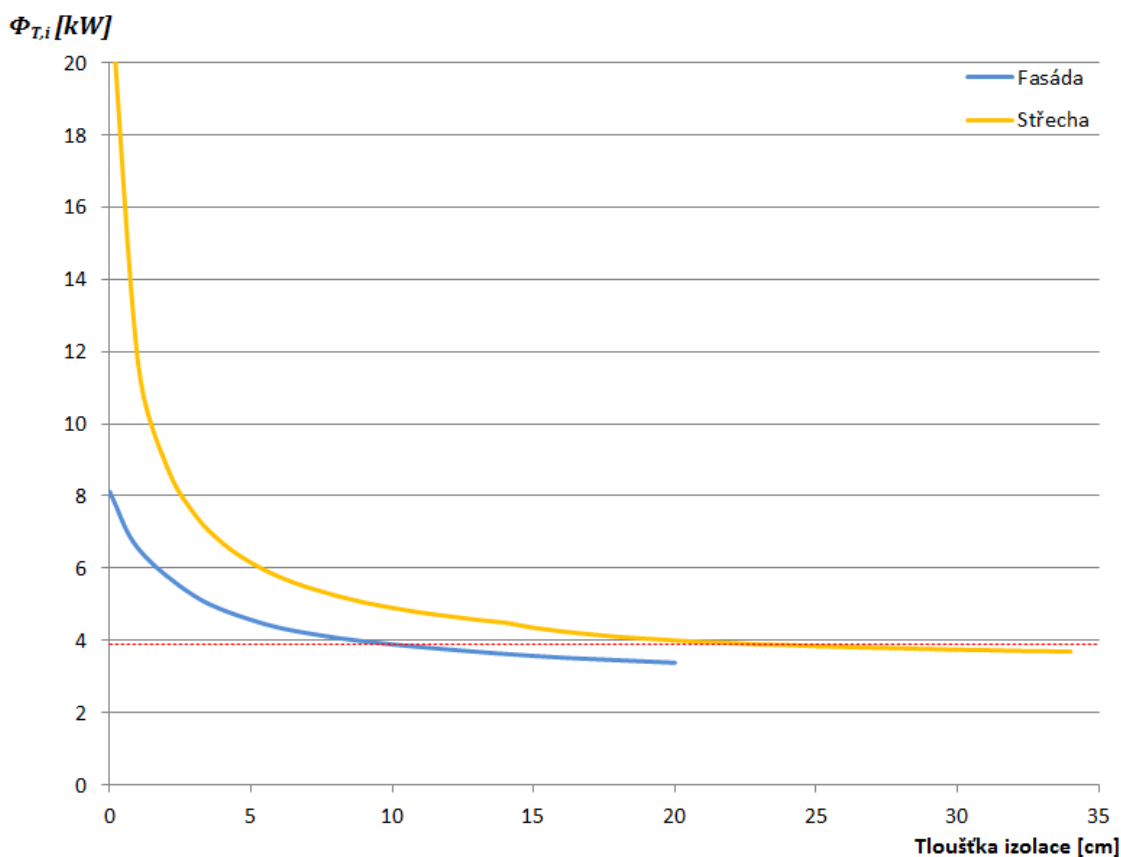
V poměru nejnížší cena paliva a investičních nákladů při nejvyšším komfortu obsluhy vychází nejlépe kondenzační kotel na zemní plyn, ale aby kotel pracoval s nejlepší účinností, je ho nutné provozovat převážně v nízkoteplotním režimu, nejlépe s podlahovým vytápěním, či dostatečně velkými radiátory. V budově s projektovanou velikostí radiátorů na vyšší teplotu otopné vody (např. teplotní spád 75/65 °C), bude kondenzační kotel pracovat v nejchladnějším období s účinností o cca 10 % nižší, z tohoto důvodu není v takovém případě klasický plynový kotel špatnou volbou. V případě tohoto domu by po zateplení téměř všechny původní radiátory pokryly ztráty v nízkoteplotním režimu (viz. tabulka 5), což by se v případě koupelen vyřešilo přidáním podlahových topných kabelů, či infrazářičů.

Tabulka 5 – Výkon radiátorů při nízkoteplotním vytápění

Místnost	Typ radiátoru	Výkon při spádu	Ztráta po zateplení	Výkonová rezerva
		55/45 při 20°C		
Obývací pokoj s kuchyní	22-6160 + 21-5160	2 265	1 850	415,3
Dětský pokoj	22-6160	1 358	601	757,1
Ložnice	22-5160	1 176	311	864,9
Horní koupelna	22-3100 + 1535/750	1 013	1 092	-78,6
Dolní koupelna	1135/600	319	438	-119,3
Garáž	22-6060	509	268	241,4
Chodba	11-9200	1 420	817	602,9
Předsíň	10-9090	404	84	319,5
Podkroví	22-5140	1 029	1 087	-57,7

4.2. Vliv tloušťky zateplení na celkovou ztrátu domu

Při rekonstrukci domu bývá těžké zvolit kolik a jaký typ izolace zvolit ke snížení tepelných ztrát prostupem. Mohlo by se stát, že zvolíme v dobrém úmyslu hodně silnou tloušťku izolace, přičemž ztráty mohou již být ovlivněny minimálně, zbytečně narostou náklady, přijdeme o prostor v podkroví, nebo budeme mít méně světla v místnosti vlivem zesílení izolace fasády.



Obr. 27 – Vliv tloušťky zateplení střechy a fasády na celkovou ztrátu budovy prostupem

Na obr. 27 je graficky znázorněn vliv tloušťky zateplení střechy i fasády na celkovou ztrátu budovy prostupem, přičemž jedna z proměnných je vždy konstantní, a to buď izolace střechy 23 cm, nebo izolace fasády 10 cm (obojí s $\lambda = 0,039 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$). Přerušovanou čarou je označena tepelná ztráta budovy při zvolené tloušťce izolace.

V tabulce 5 je porovnání vlivu kvality střešní izolace (dle tepelné vodivosti) na celkovou ztrátu prostupem budovy a na výši investic do izolace. Je z ní patrný relativně malý vliv kvality izolace na ztráty, avšak velký vliv na cenu izolace. Ceny odpovídají izolaci v rolích, kromě té nejdražší, ta je ve formě desek.

Tabulka 6 – Vliv kvality izolace na celkové ztráty prostupem a cenu investice

λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Ztráty			Cena za m ²			Cena za střešní izolaci celkem		
	14 cm	23 cm	28 cm	14 cm	23 cm	28 cm	14 cm	23 cm	28 cm
0,030	4,33	3,77	3,67	288 Kč	473 Kč	576 Kč	25 373 Kč	44 091 Kč	54 490 Kč
0,033	4,38	3,81	3,71	136 Kč	223 Kč	272 Kč	11 982 Kč	20 821 Kč	25 731 Kč
0,036	4,44	3,85	3,74	101 Kč	166 Kč	202 Kč	8 898 Kč	15 462 Kč	19 109 Kč
0,038	4,47	3,88	3,76	84 Kč	138 Kč	168 Kč	7 400 Kč	12 860 Kč	15 893 Kč
0,039	4,49	3,89	3,78	64 Kč	105 Kč	128 Kč	5 638 Kč	9 798 Kč	12 109 Kč

Závěr

Spočítané tepelné ztráty místností mě přesvědčily, že pomocí zjednodušené metody $30\text{--}50\text{ W/m}^3$ nelze správně odhadnout velikost radiátoru, protože z výpočtů plyne, že se ve skutečnosti tato hodnota pohybuje mezi $5\text{--}115\text{ W/m}^3$ před zateplením a $1\text{--}45\text{ W/m}^3$ po zateplení. U tohoto domu budou po zateplení radiátory sice poněkud předimenzované, ale díky tomu lze bezproblémově přejít na nízkoteplotní vytápění např. kondenzačním kotlem.

Přestože považuji teplovodní podlahové vytápění za nejlepší, rozhodl jsem se pro klasické radiátory, protože při potřebném zvýšení podlahy by nastaly problémy s řešením dveří, či zárubněmi, nevyhovující výškou místnosti a také by se výrazně prodloužila doba rekonstrukce.

Správná volba zdroje vytápění závisí především na tepelné ztrátě a umístění domu, dostupnosti paliva, prostorových dispozic uvnitř i vně domu a požadovaném komfortu obsluhy.

U nízkoenergetické novostavby bych zvolil podlahové vytápění s rekuperačním větráním. Kotel plynový kondenzační, elektrický, či tepelné čerpadlo. V zásadě platí, že čím menší ztráty dům má, tím dražší energii si můžu dovolit, protože s ní souvisí i malé investiční náklady.

Pro starší nezateplený, či velký RD s tepelnou ztrátou od cca 12 kW bych zvolil automatický kotel na hnědé uhlí, či pelety případně zplynovací kotel na dřevo. Návratnost nákladů za tepelné čerpadlo je výhodná zejména v případě přechodu z vytápění elektřinou.

Celkové tepelné ztráty domu se vlivem zateplení střechy (23 cm) a fasády (10 cm) snížily zhruba na polovinu, přičemž se zvětšila obytná plocha o půdní prostor. V případě střešní izolace se nevyplatí investovat do vaty s nejlepší tepelnou vodivostí, pokud to není technicky nezbytné.

Po čtyřletém užívání IRC regulace jsem přesvědčen, že po zateplení této budovy nebude mít regulace významný vliv na úspory, protože cihelná budova má velkou tepelnou kapacitu, díky které při nočním útlumu teplota místností příliš neklesne. Lepší využití by měla např. v dřevostavbě.

Seznam použité literatury

- [1] MRÁZEK, Karel. *Užití norem pro výpočet tepla a využití primární energie*. STÚ-E a.s. 2005. 174 s.
- [2] MRÁZEK, K. – ŠUSTR, K. – JANOUŠ, A. *Moderní vytápění bytů a rodinných domků*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1989.
- [3] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: ČNI, 2005.
- [4] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: ČNI, 2009.
- [5] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2005.
- [6] *Ekomplex marketing s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <<http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/koks.php>>
- [7] STUPAVSKÝ, Vladimír: Kotel na pelety - peletový kotel pro ústřední vytápění. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-pelety-peletovy-kotel-pro-ustredni-vytapeni>>
- [8] *Vaillant Group Czech s.r.o.* [online]. 2012 [cit. 2014-02-02]. Dostupné z: <<http://www.protherm.cz/>>
- [9] *Snizujeme CZ s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-02-03]. Dostupné z: <<http://www.snizujeme.cz/clanky/topeni-olejem-v-domacnosti/>>
- [10] *ENVI a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.envi.cz/show.php?ids=22&par=tepelna_cerpadla>
- [11] *HRUŠKA, Milan* [online]. 2014 [cit. 2014-02-012]. Dostupné z: <<http://www.levne-topeni.org/cerpadlo-zemni-kolektor>>
- [12] FROLÍK, Stanislav. Výpočet tepelného výkonu. *ČVUT – Katedra TZB* [online]. 2014 [cit. 2014-01-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/nastroje/vyuka_podklady/eeb1_tba1_ucitel_podklady/4-uloh-a-tepelne-ztraty/tepelne_ztraty_12831_priprava.doc>
- [13] *TZBinfo.cz: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. 2014 [cit. 2014-02-18]. Dostupné z: <<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>>

Seznam obrázků

Obr. 1 – Řez automatickým kotlem na uhlí	3
Obr. 3 – Univerzální hořák.....	4
Obr. 2 – Hořák s otočnou retortou	4
Obr. 4 – Řez retortovým hořákem.....	4
Obr. 5 – Řez kotlem na koks.....	6
Obr. 6 – Řez automatickým kotlem na pelety	7
Obr. 7 – Řez zplynovacím kotlem na dřevo.....	9
Obr. 8 – Schéma kondenzačního kotle.....	13
Obr. 9 – Řez kotlem na LTO.....	16
Obr. 10 – Princip tepelného čerpadla.....	17
Obr. 11 – TČ vzduch/voda: a) venkovní provedení, b) vnitřní provedení	18
Obr. 12 – TČ země/voda – hloubkové vrty.....	20
Obr. 13 – Schéma zemního kolektoru: a) spirálového, b) plošného	22
Obr. 14 – TČ země/voda – zemní kolektor	23
Obr. 15 – TČ země/voda – vodní plocha	24
Obr. 16 – Schéma TČ voda/voda – podzemní voda.....	26
Obr. 17 – TČ vzduch/vzduch	27
Obr. 18 – Příklad zapojení solárního kolektoru v RD s bazénem	28
Obr. 19 – Rekonstruovaný dům (pohled z ulice)	30
Obr. 20 – 1. podlaží RD	31
Obr. 21 – 2. podlaží RD	31
Obr. 22 – Podkroví RD	32
Obr. 23 – Vliv parametrů topné křivky na její úhel a posun.....	43
Obr. 24 – Záznam teplot OV, místnosti a chodu kotle v budově před zateplením	44
Obr. 25 – Bezdrátový systém PocketHome: a) hlavice b) centrální jednotka c) spínač kotle	45
Obr. 26 – Porovnání ročních nákladů na vytápění různými zdroji	47

Obr. 27 – Vliv tloušťky zateplení střechy a fasády na celkovou ztrátu budovy prostupem.....	49
---	----

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Výpočtové parametry budovy	34
Tabulka 2 – Výpočtové parametry místností	35
Tabulka 3 – Vypočtené ztráty před a po zateplení	39
Tabulka 4 – Roční průměrné ztráty a náklady na vytápění nezateplené budovy	47
Tabulka 5 – Výkon radiátorů při nízkoteplotním vytápění	49
Tabulka 6 – Vliv kvality izolace na celkové ztráty prostupem a cenu investice.....	50

Přílohy

Příloha 1 – Ztráty obývacího pokoje s kuchyní.....	55
Příloha 2 – Ztráty předsíně.....	56
Příloha 3 – Ztráty garáže	57
Příloha 4 – Ztráty dolní koupelny	58
Příloha 5 – Ztráty chodby se schodištěm	59
Příloha 6 – Ztráty dětského pokoje	60
Příloha 7 – Ztráty ložnice.....	61
Příloha 8 – Ztráty horní koupelny	62
Příloha 9 – Ztráty horní chodby	63
Příloha 10 – Ztráty podkroví s pracovním.....	64
Příloha 12 – Porovnání nákladů a návratnosti v případě přímotopného vytápění.....	65
Příloha 11 – Porovnání nákladů a návratnosti s původním plynovým kotlem.....	65

Přílohy na CD

Výpočet tepelných ztrát RD před zateplením.xlsx

Výpočet tepelných ztrát RD po zateplení.xlsx

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	Vnitřní výpočtová teplota	Vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta						
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů																
																		A_k	d	U_k	ΔU_{tb}	b_u	$A_k \cdot (U_k + \Delta U_{tb}) \cdot b_u$
Obývací pokoj s kuchyní	Stěny s chodbou	2,95	3,10	9,15	1	1,60	7,55	0,32	1,570		0,1	0,74	20	18									
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,1	0,23	20	18									
	Stěna se spíží	3,20	3,10	9,92	0		9,92	0,17	2,190		0,1	2,65	20	16									
	Vnější stěny s okny	8,24	3,10	25,54	2	4,13	21,42	0,49	0,310	0,05	1,0	7,71	20	-12									
	Okno 1	1,65	1,25	2,06			2,06		1,327	0,40	1,0	3,56	20	-12									
	Okno 2	1,65	1,25	2,06			2,06		1,327	0,40	1,0	3,56	20	-12									
	Stěna se sousedem	10,16	3,10	31,50	0		31,50	0,64	0,990		0,0	0,00	20	20									
	Stěna s předsíní	5,07	3,10	15,72	0		15,72	0,32	1,570		0,2	3,86	20	15									
	Strop kuchyně	4,66	3,22	15,01	0		14,20	0,62	0,840		0,0	0,00	20	20									
	Strop obývací části	4,46	4,20	18,73	0		14,20	0,62	0,790		0,0	0,00	20	20									
	Podlaha na zemině			33,74	0		33,74					7,09											
	$H_T =$											29,41	20	-12									
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru		$V_{min} =$	84	m ³ /h		$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$							941,1 W				$\Phi_V = \Phi_T + \Phi_{\text{větrání}}$					
	Požadovaná výměna vzduchu		$n =$	1	1/h		Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$							0,281 Wh/kg K									
Objem vzduchu v místnosti		$V_i =$	84	m ³		Hustota vzduchu $\rho =$							1,2 kg/m ³										
Světla výška místnosti		$v =$	2,50	m		$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$							28,395 W / K										
											$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$				908,7 W		1849,7						

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta			
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů													
																		A_k		
																			d	U_k
m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W		W					
Předsíň	Stěna s obýv.p.	5,07	3,10	15,72	0		15,72	0,32	1,570		-0,2	-4,57	15	20						
	Stěna s dveřmi	1,50	3,10	4,65	1	1,60	3,05	0,10	1,170		-0,1	-0,40	15	18						
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		-0,1	-0,42	15	18						
	Stěna s garáží	5,00	3,10	15,50	0		15,50	0,32	1,570		0,0	0,00	15	15						
	Vnější stěna s dveřmi	1,50	3,10	4,65	1	2,10	2,55	0,49	0,310	0,05	1,0	0,92	15	-12						
	Vchodové dveře	1,00	2,10	2,10			2,10		1,300	0,40	1,0	3,57	15	-12						
	Strop pod ložnicí	4,28	1,21	5,18	0		5,18	0,20	2,860		-0,1	-1,65	15	18						
	Podlaha na zemině	4,28	1,21	5,18	0		5,18					3,15								
	H _T =											0,61	15	-12						
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru				$V_{min} =$		7	m ³ /h		$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$						16,5 W		$\Phi_T + \Phi_V =$		
	Požadovaná výměna vzduchu				$n =$		0,5	1/h		Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$						0,281 Wh/kg K				
	Objem vzduchu v místnosti				$V_i =$		15	m ³		Hustota vzduchu $\rho =$						1,2 kg/m ³				
	Světlá výška místnosti				$v =$		2,89	m		$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$						2,519 W / K				
												$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$							68,0 W	

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																		
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta	
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů											
																		A _k
m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W		W			
Garáž	Stěna se sousedem	5,00	3,40	17,00	0		17,00	0,49	1,200		-0,2	-3,78	15	20				
	Stěna s dveřmi	3,20	3,40	10,88	1	1,80	9,08	0,32	1,570		-0,1	-1,58	15	18				
	Dveře	0,90	2,00	1,80			1,80	0,04	2,340		-0,1	-0,47	15	18				
	Stěna s předsíní	5,00	3,40	17,00	0		17,00	0,32	1,570		0,0	0,00	15	15				
	Vnější stěna s vraty	3,19	3,40	10,85	1	3,56	7,29	0,49	0,310	0,05	1,0	2,62	15	-12				
	Vrata	2,01	1,77	3,56			3,56	0,06	1,987	0,40	1,0	8,49	15	-12				
	Strop	4,45	2,51	11,17	0		11,17	0,12	2,680		-0,1	-3,33	15	18				
	Podlaha na zemině	4,45	2,51	11,17	0		11,17					5,47						
	H _T =											7,43	15	-12				
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru		V _{min} =		7 m ³ /h				Φ _T = H _T ·(θ _i - θ _e) =		200,6 W				Φ _V = Φ _T +Φ _V Θ			
	Požadovaná výměna vzduchu		n =		0,2 1/h				Měrná tepelná kapacita vzduchu c _p =		0,281 Wh/kg K							
	Objem vzduchu v místnosti		V _i =		37 m ³				Hustota vzduchu ρ =		1,2 kg/m ³							
Světlá výška místnosti		v =		3,30 m				H _V = V _i ·c _p ·ρ =		2,482 W / K								
											Φ _V = H _V ·(θ _i - θ _e) =		67,0 W				267,6	

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																						
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním	Celková tepelná ztráta						
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů															
																	A_k	d	U_k	ΔU_{tb}	b_u	$A_k \cdot (U_k + \Delta U_{tb}) \cdot b_u$
																	m	m	m ²	m ²	m ²	m
Dolní koupelna	Vnější stěna s oknem	1,43	3,10	4,43	1	0,30	4,13	0,49	0,310	0,05	1,0	1,49	24	-12								
	Okno	0,50	0,60	0,30			0,30		1,327	0,50	1,0	0,55	24	-12								
	Stěna s dveřmi	2,58	3,10	8,00	1	1,20	6,80	0,17	2,190		0,2	2,48	24	18								
	Dveře	0,60	2,00	1,20			1,20	0,04	2,340		0,2	0,47	24	18								
	Stěna s chodbou	1,43	3,10	4,43	0		4,43	0,10	1,170		0,2	0,86	24	18								
	Stěna se sklepem	2,55		3,85	0		3,85	0,45	1,100	0,05	0,2	1,07	24	15								
	Stěna se schodištěm	2,55	3,10	4,06	0		4,06	0,32	1,570		0,2	1,06	24	18								
	Strop	2,00	1,20	2,40	0		2,40	0,12	2,680		0,0	0,00	24	24								
	Podlaha na zemině	2,00	1,20	2,40	0		2,40					0,68										
	H _T =											8,66	24	-12								
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru		V _{min} = 10 m ³ /h				Φ _T = H _T · (θ _i - θ _e) =					311,8 W		Φ _T + Φ _V = Φ								
	Požadovaná výměna vzduchu		n = 1,5 1/h				Měrná tepelná kapacita vzduchu c _p =					0,281 Wh/kg K										
Objem vzduchu v místnosti		V _i = 7 m ³				Hustota vzduchu ρ =					1,2 kg/m ³											
Světlá výška místnosti		v = 2,90 m				H _V = V _i · c _p · ρ =					3,515 W / K											
											Φ _V = H _V · (θ _i - θ _e) =		126,5 W		438,3							

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Výpočet tepelné ztráty dle CSN EN 12831																					
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny					Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta					
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů											Plocha bez otvorů				
																		A_k	d	U_k	ΔU_{tb}
		m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W		W				
Chodba se schodištěm	Stěny s obývacím pok.	2,95	3,10	9,15	1	1,60	7,55	0,32	1,570		-0,1	-0,79	18	20							
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		-0,1	-0,25	18	20							
	Stěna s předsíní	1,50	3,10	4,65	1	1,60	3,05	0,10	1,170		0,1	0,36	18	15							
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,1	0,37	18	15							
	Stěna s garáží	3,20	3,40	10,88	1	1,80	9,08	0,32	1,570		0,1	1,43	18	15							
	Dveře	0,90	2,00	1,80			1,80	0,04	2,340		0,1	0,42	18	15							
	Vnější stěna s dveřmi	7,31	3,10	22,66	1	2,10	20,56	0,49	0,310	0,05	1,0	7,40	18	-12							
	Zadní dveře	1,00	2,10	2,10			2,10		1,600	0,40	1,0	4,20	18	-12							
	Vnější stěna schodiště	1,30	2,32	3,02	0		3,02	0,49	0,310	0,05	1,0	1,09	18	-12							
	Stěna s koupelnou	2,58	3,10	8,00	1	1,20	6,80	0,17	2,190		-0,2	-2,98	18	24							
	Dveře	0,60	2,00	1,20			1,20	0,04	2,340		-0,2	-0,56	18	24							
	Stěna s koupelnou	1,43	3,10	4,43	0		4,43	0,10	1,170		-0,2	-1,04	18	24							
	Stěna se spíží	1,27	3,10	3,94	1	1,20	2,74	0,10	1,170	0,05	0,1	0,21	18	16							
	Dveře	0,60	2,00	1,20			1,20	0,04	2,340	0,50	0,1	0,22	18	16							
	Schodiště nad sklepem	1,24	4,00	4,96	0		4,96	0,10	2,700	0,05	0,1	1,21	18	15							
	Schodiště nad spíží	4,40	1,27	5,59	0		5,59	0,25	2,249	0,05	0,1	0,82	18	16							
	Stěna s dolní koupelnou			4,06	0		4,06	0,32	1,570		-0,2	-1,27	18	24							
	Stěna s horní koupelnou			4,88	0		4,88	0,32	1,570		-0,2	-1,53	18	24							
	Stěna s podkrovím			4,88	0		4,88	0,17	2,190		-0,1	-0,71	18	20							
	Izolace krokví			1,05	0		1,05	0,09	0,307	0,00	1,0	0,32	18	-12							
	Izolace mezi krokvemi	2,92	2,32	5,72	1		4,63	0,14	0,165	0,00	1,0	0,76	18	-12							
	Okno	0,78	1,4	1,09			1,09		1,300	0,50	1,0	1,97	18	-12							
	Zakončení šikminy	0,52	2,32	1,21	0		1,21	0,23	3,020		-0,1	-0,24	18	20							
	Stěna horní chodby	2,32	2,56	5,95	1	1,60	4,35	0,17	2,190		0,0	0,00	18	18							
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,0	0,00	18	18							
	Strop pod koupelnou			9,70	0		9,70	0,12	2,680		-0,2	-5,20	18	24							
	Strop pod horní chodbu	2,32		4,51	0		4,51	0,20	2,860		0,0	0,00	18	18							
	Podlaha na zemině			13,77	0		13,77					13,90									
	$H_T =$												20,10	18	-12						
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru				$V_{min} =$	28	m ³ /h		$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$					603,1 W							
	Požadovaná výměna vzduchu				$n =$	0,5	1/h		Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$					0,281 Wh/kg K							
	Objem vzduchu v místnosti				$V_i =$	55	m ³		Hustota vzduchu $\rho =$					1,2 ka/m ³							
	Světlná výška místnosti				$v =$	2,85	m		$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$					9,266 W / K							
													$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$					278,0 W		881,1	

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																						
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním	Celková tepelná ztráta						
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů															
																	A_k	d	U_k	ΔU_{tb}	b_u	$A_k \cdot (U_k + \Delta U_{tb}) \cdot b_u$
																	m	m	m ²	m ²	m ²	m
Dětský pokoj	Stěna s chodbou	1,13	2,74	3,10	1	1,60	1,50	0,17	2,190		0,1	0,20	20	18								
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,1	0,23	20	18								
	Stěna s podkrovím	3,60	2,74	9,86	0		9,86	0,17	2,190		0,0	0,00	20	20								
	Stěna se sousedy 1	2,32	2,74	6,36	0		6,36	0,32	1,570		0,0	0,00	20	20								
	Stěna se sousedy 2			4,00	0		4,00	0,49	1,200		0,0	0,00	20	20								
	Stěna se sousedy 3			2,37	0		2,37	0,32	0,320	0,05	1,0	0,88	20	-12								
	Vnější stěna s oknem	4,72	2,74	12,93	1	2,06	10,87	0,49	0,310	0,05	1,0	3,91	20	-12								
	Okno	1,65	1,25	2,06			2,06		1,327	0,40	1,0	3,56	20	-12								
	Stěna s ložnicí	5,05	2,74	13,84	0		13,84	0,17	2,190		0,1	1,89	20	18								
	Strop	4,46	4,40	19,62	0		19,62	0,30	1,080		0,0	0,00	20	20								
	Podlaha	4,46	4,40	19,62	0		19,62	0,62	0,711		0,0	0,00	20	20								
	H _T =											10,68	20	-12								
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru		$V_{min} =$		24	m ³ /h		$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$				341,9 W		$\Phi_T + \Phi_V = \Phi$								
	Požadovaná výměna vzduchu		$n =$		0,5	1/h		Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$				0,281 Wh/kg K										
Objem vzduchu v místnosti		$V_i =$		48	m ³		Hustota vzduchu $\rho =$				1,2 kg/m ³											
Světla výška místnosti		$v =$		2,45	m		$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$				8,093 W / K											
											$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$				259,0 W		600,9					

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																		
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny					Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta		
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů											Plocha bez otvorů	
																		A_k
m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W		W			
Ložnice	Stěna s chodbou	1,44	2,67	3,84	1	1,60	2,24	0,32	1,570		0,0	0,00	18	18				
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,0	0,00	18	18				
	Stěna s koupelnou	3,13	2,67	8,36	0		8,36	0,32	1,570		-0,2	-2,62	18	24				
	Stěna se sousedem	4,32	2,67	11,53	0		11,53	0,17	2,190		-0,1	-1,68	18	20				
	Vnější stěna s oknem	4,45	2,67	11,88	1	2,06	9,82	0,49	0,310	0,05	1,0	3,53	18	-12				
	Okno	1,65	1,25	2,06			2,06		1,327	0,40	1,0	3,56	18	-12				
	Stěna s pokojem	4,98	2,67	13,30	0		13,30	0,17	2,190		-0,1	-1,94	18	20				
	Strop	4,32	4,20	18,14	0		18,14	0,30	1,080		-0,1	-1,31	18	20				
	Podlaha nad předsíní	4,32	1,35	5,83			5,83	0,20	2,042		0,1	1,19	18	15				
	Podlaha nad garáží	4,32	2,85	12,31	0		12,31	0,12	1,949		0,1	2,40	18	15				
	H _T =											3,13	18	-12				
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru		V _{min} =		22	m ³ /h				Φ _T = H _T · (θ _i - θ _e) =		93,9 W				Φ _V Φ _{T+V} = Φ _T + Φ _V = Θ		
	Požadovaná výměna vzduchu		n =		0,5	1/h				Měrná tepelná kapacita vzduchu c _p =		0,281 Wh/kg K						
Objem vzduchu v místnosti		V _i =		43	m ³				Hustota vzduchu ρ =		1,2 kg/m ³							
Světlá výška místnosti		v =		2,37	m				H _V = V _i · c _p · ρ =		7,239 W / K							
											Φ _V = H _V · (θ _i - θ _e) =		217,2 W				311,1	

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																	
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním	Celková tepelná ztráta	
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů										
																	A_k
m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W	W			
Horní koupelna	Stěna s chodbou	2,38	2,67	6,35	1	1,60	4,75	0,32	1,570		0,2	1,24	24	18			
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,2	0,62	24	18			
	Stěna s ložnicí	3,18	2,67	8,49	0		8,49	0,32	1,570		0,2	2,22	24	18			
	Stěna se schodištěm			4,88	0		4,88	0,32	1,570		0,2	1,28	24	18			
	Vnější stěna vlevo			11,23	0		11,23	0,49	0,310	0,05	1,0	4,04	24	-12			
	Okno	0,78	1,40	1,09			1,09		1,300	0,50	1,0	1,97	24	-12			
	Vnější stěna pod krokve	3,18	0,80	2,54	0		2,54	0,49	0,310	0,05	1,0	0,92	24	-12			
	Rovný strop	3,18	2,55	8,11	0		8,11	0,30	1,080		0,1	0,97	24	20			
	Izolace krokví			0,90	0		0,90	0,09	0,307	0,00	1,0	0,28	24	-12			
	Izolace mezi krokvemi	3,18	2,50	7,05	1		5,96	0,14	0,165	0,00	1,0	0,98	24	-12			
	Podlaha nad koupelnou	1,30	2,05	2,67	0		2,67	0,12	1,949		0,0	0,00	24	24			
	Podlaha nad chodbou			9,79	0		9,79	0,12	1,949		0,2	3,18	24	18			
	H _T =											17,70	24	-12			
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru		$V_{min} =$		37	m ³ /h		$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$					637,3 W				$\Phi_V = \Phi_T + \Phi_V = \Phi$
	Požadovaná výměna vzduchu		$n =$		1,5	1/h		Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$					0,281 Wh/kg K				
Objem vzduchu v místnosti		$V_i =$		25	m ³		Hustota vzduchu $\rho =$					1,2 kg/m ³					
Světlá výška místnosti		$v =$		2,48	m		$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$					12,620 W / K					
											$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$		454,3 W		1091,6		

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																	
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů										
																	d
		m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W		W
Horní chodba	Stěna se schodištěm	2,57	2,55	6,55	1	1,60	4,95	0,17	2,190		0,0	0,00	18	18			
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,0	0,00	18	18			
	Stěna s podkrovím	2,30	2,55	5,87	1	1,60	4,27	0,17	2,190		-0,1	-0,62	18	20			
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		-0,1	-0,25	18	20			
	Stěna s pokojem	1,13	2,55	2,88	1	1,60	1,28	0,17	2,190		-0,1	-0,19	18	20			
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		-0,1	-0,25	18	20			
	Stěna ložnice	1,44	2,55	3,67	1	1,60	2,07	0,32	1,570		0,0	0,00	18	18			
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,0	0,00	18	18			
	Stěna s koupelnou	2,38	2,55	6,07	1	1,60	4,47	0,32	1,570		-0,2	-1,40	18	24			
	Dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		-0,2	-0,75	18	24			
	Strop	2,32	2,12	4,92			4,92	0,21	1,860		-0,1	-0,61	18	20			
	Podlaha	2,32	2,12	4,92	0		4,92	0,20	1,476		0,0	0,00	18	18			
	H _T =												-4,07	18	-12		
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru				$V_{min} =$		6	m ³ /h	$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$				-122,1		W	$\Phi_V = \Phi_{T+V} = \Phi$	
	Požadovaná výměna vzduchu				$n =$		0,5	1/h	Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$				0,281		Wh/kg K		
	Objem vzduchu v místnosti				$V_i =$		12	m ³	Hustota vzduchu $\rho =$				1,2		kg/m ³		
	Světlná výška místnosti				$v =$		2,34	m	$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$				1,937		W / K		
												$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$		58,1			W

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831

Výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831																		
Označení místnosti	Označení stěny	Plocha stěny						Tloušťka prvku	Součinitel prostupu tepla	Korekční součinitel prostupu tepla	Teplotní redukční činitel	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	Návrhová tepelná ztráta prostupem a větráním		Celková tepelná ztráta	
		délka	šířka nebo výška	plocha	Počet otvorů	Plocha otvorů	Plocha bez otvorů											
																		A_k
m	m	m ²		m ²	m ²	m	W.m ⁻² K ⁻¹	W.m ⁻² K ⁻¹	-	W.K ⁻¹	°C	°C	W		W			
Podkroví s pracovnou	Stěna s horní chodbou	2,30	2,55	5,87	1	1,60	4,27	0,17	2,190		0,1	0,58	20	18				
	Vnitřní dveře	0,80	2,00	1,60			1,60	0,04	2,340		0,1	0,23	20	18				
	Stěna s pokojem	3,60	2,74	9,86	0		9,86	0,17	2,190		0,0	0,00	20	20				
	Stěna se schodištěm			4,85	0		4,85	0,17	2,190		0,1	0,66	20	18				
	Stěna se sousedy vpravo			15,56	0		15,56	0,32	1,570		0,0	0,00	20	20				
	Stěna se sousedy vlevo			4,83	0		4,83	0,17	0,330	0,05	1,0	1,84	20	-12				
	Vnější stěna vlevo			2,52	1		2,52	0,17	0,340	0,05	1,0	0,98	20	-12				
	Vnější stěna pracovny	0,87	3,52	3,06	0		3,06	0,49	0,310	0,05	1,0	1,10	20	-12				
	Vnější stěna vpravo			2,50	0		2,50	0,17	0,340	0,05	1,0	0,98	20	-12				
	Izolace krokví			11,06			11,06	0,09	0,307	0,00	1,0	3,40	20	-12				
	Izolace mezi krokvemi			90,78	2		77,53	0,14	0,165	0,00	1,0	12,78	20	-12				
	Okno	0,78	1,40	1,09			2,18		1,300	0,50	1,0	3,93	20	-12				
	Podlaha nad kuchyní	4,66	3,22	15,01	0		14,20	0,62	0,840		0,0	0,00	20	20				
	Podlaha nad koupelnou	3,18	2,55	8,11	0		8,11	0,30	1,080		-0,1	-1,09	20	24				
	Podlaha nad pokojem	4,46	4,40	19,62	0		19,62	0,30	1,080		0,0	0,00	20	20				
	Podlaha nad ložnicí	4,32	4,20	18,14	0		18,14	0,30	1,080		0,1	1,22	20	18				
	Podlaha nad chodbou	2,32	2,12	4,92			4,92	0,21	1,860		0,1	0,57	20	18				
	H _T =											27,19	20	-12				
	Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru				$V_{min} =$	20	m ³ /h		$\Phi_T = H_T \cdot (\theta_i - \theta_e) =$				869,9 W		$\Phi_V = \Phi_T + \Phi_V = \Phi$			
	Požadovaná výměna vzduchu				$n =$	0,2	1/h		Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p =$				0,281 Wh/kg K					
	Objem vzduchu v místnosti				$V_i =$	101	m ³		Hustota vzduchu $\rho =$				1,2 kg/m ³					
	Světla výška místnosti				$v =$	2,10	m		$H_V = V_i \cdot c_p \cdot \rho =$				6,772 W / K					
									$\Phi_V = H_V \cdot (\theta_i - \theta_e) =$				216,7 W					1086,7

Příloha 11 – Porovnání nákladů a návratnosti s původním plynovým kotlem

Roční ztráty po zateplení 43,89 GJ Typ zdroje vytápění 12,19 MWh	Účinnost [%]	Cena za jednotku	Výhřevnost [MJ/kg]	Spotřeba zdroje	Měsíční paušál	Celkem	Tepelný zdroj	Cena zdroje	Prostá návratnost
Klasický kotel na zemní plyn	89,9	1,22 Kč kWh		13 561 kWh	215 Kč	19 077 Kč	Protherm Panther 12 KOO	13 400 Kč	---
Kondenzační kotel na plyn	107,6	1,22 Kč kWh		11 331 kWh	151 Kč	15 594 Kč	Protherm Condens 12 KKO	25 000 Kč	7,2
Automatický kotel na hnědé uhlí	90	2,60 Kč kg	18	2 709 kg	0 Kč	7 044 Kč	ELEKTROMET EKO-KWP 12	42 300 Kč	3,5
Automatický kotel na černé uhlí	90	5,10 Kč kg	23,1	2 111 kg	0 Kč	10 767 Kč	ELEKTROMET EKO-KWP 12	42 300 Kč	5,1
Kotel na koks	80	7,30 Kč kg	29,5	1 860 kg	0 Kč	13 576 Kč	Viadrus Hercules U26-3	18 700 Kč	3,4
Automatický kotel na pelety	91	5,30 Kč kg	18,8	2 565 kg	0 Kč	13 597 Kč	OPOP Black Star 10 KOMPAKT	47 000 Kč	8,6
Zplynovací kotel na dřevo	85	2,20 Kč kg	13	3 972 kg	0 Kč	8 738 Kč	Atmos DC 15 E	22 000 Kč	2,1
Kotel na LTO	96	28,00 Kč kg	43	1 063 kg	0 Kč	29 770 Kč	Logano G125 U BE-17 kW	61 000 Kč	∞
Elektrina - akumulace	95	1,82 Kč kWh		12 833 kWh	186 Kč	25 627 Kč			∞
Elektrina - přímotop	99,5	2,16 Kč kWh		12 253 kWh	208 Kč	28 987 Kč			∞
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	COP 3	2,16 Kč kWh		4 520 kWh	236 Kč	12 605 Kč	Revel LWRb-8kW	120 000 Kč	18,5

Příloha 12 – Porovnání nákladů a návratnosti v případě přímotopného vytápění

Roční ztráty po zateplení 43,89 GJ Typ zdroje vytápění 12,19 MWh	Účinnost [%]	Cena za jednotku	Výhřevnost [MJ/kg]	Spotřeba zdroje	Měsíční paušál	Celkem	Tepelný zdroj	Cena zdroje	Prostá návratnost
Klasický kotel na zemní plyn	89,9	1,22 Kč kWh		13 561 kWh	215 Kč	19 077 Kč	Protherm Panther 12 KOO	13 400 Kč	1,4
Kondenzační kotel na plyn	107,6	1,22 Kč kWh		11 331 kWh	151 Kč	15 594 Kč	Protherm Condens 12 KKO	25 000 Kč	1,9
Automatický kotel na hnědé uhlí	90	2,60 Kč kg	18	2 709 kg	0 Kč	7 044 Kč	ELEKTROMET EKO-KWP 12	42 300 Kč	1,9
Automatický kotel na černé uhlí	90	5,10 Kč kg	23,1	2 111 kg	0 Kč	10 767 Kč	ELEKTROMET EKO-KWP 12	42 300 Kč	2,3
Kotel na koks	80	7,30 Kč kg	29,5	1 860 kg	0 Kč	13 576 Kč	Viadrus Hercules U26-3	18 700 Kč	1,2
Automatický kotel na pelety	91	5,30 Kč kg	18,8	2 565 kg	0 Kč	13 597 Kč	OPOP Black Star 10 KOMPAKT	47 000 Kč	3,1
Zplynovací kotel na dřevo	85	2,20 Kč kg	13	3 972 kg	0 Kč	8 738 Kč	Atmos DC 15 E	22 000 Kč	1,1
Kotel na LTO	96	28,00 Kč kg	43	1 063 kg	0 Kč	29 770 Kč	Logano G125 U BE-17 kW	61 000 Kč	∞
Elektrina - akumulace	95	1,82 Kč kWh		12 833 kWh	186 Kč	25 627 Kč			∞
Elektrina - přímotop	99,5	2,16 Kč kWh		12 253 kWh	208 Kč	28 987 Kč			---
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	COP 3	2,16 Kč kWh		4 520 kWh	236 Kč	12 605 Kč	Revel LWRb-8kW	120 000 Kč	7,3